

ISSN 2949-2211



*научно-практический
журнал*

АГРОНАУКА

Том 3. Номер 1.
Январь–март 2025

Благовещенск

Главный редактор

Волкова Е. А., д-р экон. наук, доцент, директор ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои».

Заместитель главного редактора

Панасюк А. Н., член-корр. РАН, д-р техн. наук, доцент, гл. науч. сотр. ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бедарева О. М., д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой агрономии и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»;

Бондарев Н. С., д-р экон. наук, доцент, зав. кафедрой управления качеством ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»;

Вишнякова М. А., д-р биол. наук, профессор, руководитель отдела генетических ресурсов зернобобовых ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»;

Иваченко Л. Е., д-р биол. наук, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО «Благовещенский государственный педагогический университет»;

Ким И. В., д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр., и. о. зав. лабораторией диагностики болезней картофеля ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки»;

Клыков А. Г., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии с.-х. культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки»;

Присяжная С. П., д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр. ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»;

Реймер В. В., д-р экон. наук, профессор, декан факультета экономики и бизнеса, гл. науч. сотр. АОЧУ ВО «Московский финансово-юридический университет»;

Скрипко О. В., д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры АППиЭ ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»;

Фролова Н. А., д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»;

Шкрабтак Н. В., д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»;

Иностранные члены редколлегии

Ли Хунпэн, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. Хейлунцзянской академии сельскохозяйственных наук, КНР;

Тяньфу Хань, д-р философии, профессор Института растениеводства Китайской академии сельскохозяйственных наук, КНР.

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Клеткина О. О., выпускающий редактор, начальник информационно-редакторского отдела, ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Михайлова М. П., научный редактор, учёный секретарь ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Гретченко А. Е., помощник научного редактора, науч. сотр. ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Козырева О. В., технический редактор, гл. специалист ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Смолянинова Н. О., ответственный секретарь, науч. сотр. ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Клемис Т. В., администратор сайта, верстальщик, вед. спец. ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои.

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ –
Федеральное государственное
бюджетное научное
учреждение Федеральный
научный центр
«Всероссийский
научно-исследовательский
институт сои»

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой
по надзору в сфере связи,
информационных
технологий
и массовых коммуникаций
(регистрационный номер
и дата принятия решения
о регистрации:
ПИ № ФС77-84621
от 20 января 2023 г.)

Журнал
представлен в системе
Российского индекса
научного цитирования
(РИНЦ); в научной
электронной библиотеке
открытого доступа
«КиберЛенинка»

**АДРЕС РЕДАКЦИИ,
ИЗДАТЕЛЯ:**
675027, Амурская область,
г. Благовещенск,
Игнатьевское шоссе, 19,
ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои,
тел. +7 (4162) 36-94-49,
agronauka@vniisoi.ru,
www.agronauka28.ru

Подписной индекс журнала «Агронаука»
в каталоге «Пресса России» – 85807. Возможна подписка через редакцию.

Подписано к печати 10.03.2025. Формат 60х90/8. Уч.-изд. л. 5.94. Тираж 200 экз. Заказ 3429.
Дата выхода в свет 28.03.2025 г. Цена свободная.
Адрес типографии: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 55.

Scientific and practical
journal

Founded in January 2023.

Frequency – once per quarter.

ISSN 2949-2211

AGROSCIENCE

Vol. 3. No 1.

January-march, 2025 year

Chief editor

Volkova Elena A., Dr. Econ. Sci., Associate Professor, Director of the FSBSI FRC "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean".

Deputy chief editor

Panasjuk Alexander N., Member of the corr. RAS, Dr. Techn. Sci., Associate Professor, Chief Researcher of the FSBSI FRC "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean".

EDITORIAL TEAM

Bedareva Olga M., Dr. Biol. Sci., Professor, Head. Department of Agronomy and Agroecology, FSBEI HE "Kaliningrad State Technical University";

Bondarev Nikolai S., Dr. Econ. Sci., Associate Professor of the Head. Department of Quality Management, Kemerovo State University;

Vishnyakova Margarita A., Dr. Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Genetic Resources of Legumes, Federal Research Center "All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov";

Ivachenko Lyubov E., Dr. Biol. Sci., Professor of the Department of Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Blagoveshchensk State Pedagogical University";

Kim Irina V., Dr. of Agr. Sci., Chief Researcher, Acting Head of the Laboratory for Diagnostics of Potato Diseases of the FSBSI "Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika";

Klykov Alexey G., Dr. Biol. Sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head. Department of Breeding and Biotechnology Agricultural Crops, FGBNU "FNTs Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika";

Prisyazhnaya Serafima P., Dr. Techn. Sci., Professor, Chief Researcher of the FSBSI FRC "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean";

Reimer Valery V., Dr. Econ. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Economics and Business, Ch. scientific co-workers AOCHU VO "Moscow Financial and Legal University";

Skripko Olga V., Dr. Techn. Sci., Associate, Professor Professor of the Department of Automation of production processes and electrical engineering "Amur State University";

Frolova Nina A., Dr. Techn. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Engineering of Technological Equipment of the FSBEI HE "Kaliningrad State Technical University";

Shkrabtak Natalia V., Dr. Techn. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Life Safety of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Amur State University";

Foreign members of the editorial board

Li Hongpeng, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher of the Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China;

Tianfu Han, PhD, Professor of the Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, China.

EDITORIAL BOARD

Kletkina Olga O., Managing Editor, Head of the Information and Editorial Department of the FSBSI FRC ARSRI of Soybean;

Mikhailova Maria P., Scientific Editor, Scientific Secretary of the FSBSI FRC ARSRI of the Soybean;

Gretchenko Alina E., Assistant Scientific Editor, Researcher of the FSBSI FRC ARSRI of the Soybean;

Kozyreva Oksana V., Technical Editor, Chief Specialist of the FSBSI FRC ARSRI of the Soybean;

Smolyaninova Natalia O., Executive Secretary, Researcher of the FSBSI FRC ARSRI of the Soybean;

Klemis Tatiana V., Website Administrator, layout designer, Leading Specialist of the FSBSI FRC ARSRI of the Soybean.

FOUNDER AND PUBLISHER –
Federal State Budgetary
Scientific Institution Federal
Scientific Center
"All-Russian Scientific Research
Institute of Soybeans"

Federal Service for Supervision
of Communications,
Information Technology,
and Mass Media
(Roskomnadzor)
Registration record
ПИ № ФС 77-84621
dated January 20, 2023

The Journal is presented
in the system of Russian
Science Citation Index (RSCI)
on the platform
of Scientific Electronic Library
www.elibrary.ru
and in the Scientific
Electronic Library of Open
Access CyberLeninka

**EDITORIAL AND PUBLISHER
ADDRESS:**

Ignatievskoe highway, 19,
Blagoveshchensk,
Amur region,
675027
FSBSI FRC ARSRI,
+7 (4162) 36-94-49,
agronauka@vniisoi.ru
www.agronauka28.ru

The subscription index of the journal "Agronauka"
in the catalog "Press of Russia" is 85807. Subscription through the editorial office is possible.

Signed for publication on 10.03.2025. The format is 60x90/8. Uch.-ed. l. 5.94. The circulation is 200 copies. Order 3429.

The release date is 28.03.2025. The price is free.

Printing house address: 55 Politechnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur region, 675005.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО.....	5
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ «ЦИРКОН» ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЗЕЛЁНЫХ И ОДРЕВЕСНЕВШИХ ЧЕРЕНКОВ ФОРМ АЙВЫ <i>И. В. Зацепина.....</i>	5
ДЕЙСТВИЕ НЕТЕРМАЛЬНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ НА ДРОЖЖИ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> <i>Д. И. Титова, В. А. Харламов, И. М. Меджидов.....</i>	13
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОИ <i>А. Е. Гретченко, М. П. Михайлова, А. А. Блинова.....</i>	22
СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ.....	28
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПАРЕНХИМЫ СЕМЯН СОИ <i>G. SOJA</i> И <i>G. MAX</i> <i>С. И. Лаврентьева, Л. Е. Иваченко.....</i>	28
АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ.....	38
ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОМАТА К КОМПЛЕКСУ ПАТОГЕНОВ И ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Е. В. Стручалина, Л. М. Соколова.....</i>	38
ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ СОИ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ <i>А. А. Кузьмин.....</i>	51
СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА РИЗОБИЙ СОИ ПРИАМУРЬЯ <i>М. В. Якименко, И. Ю. Татаренко, А. И. Сорокина, Я. С. Гутор, А. В. Чепелева.....</i>	62
ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....	77
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА КОМБАЙНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОИ <i>И. М. Присяжная, С. П. Присяжная, Д. С. Котенко.....</i>	77
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ИЗМЕЛЬЧЁННОЙ СОЛОМЫ ПОСЛЕ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ СОЛОМЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА <i>В. С. Усанов, В. А. Сахаров, А. В. Липкань, А. А. Кувшинов.....</i>	88

CONTENTS

GEOPONICS AND CROPPING.....	5
PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF USING THE PLANT GROWTH REGULATOR "ZIRCON" TO STRENGTHEN GREEN AND LIGNIFIED QUINCE CUTTINGS <i>I. V. Zatsepina.....</i>	5
TREATMENT OF THE NON-THERMAL ARGON PLASMA JET SOURCE ON YEAST <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> <i>D. I. Titova, V. A. Kharlamov, I. M. Medzhidov.....</i>	13
APPLICATION OF ULTRAVIOLET IRRADIATION FOR PRE-SOWING TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS <i>A. E. Gretchenko, M. P. Mikhailova, A. A. Blinova.....</i>	22
 SELECTION, SEED FARMING AND PLANT BIOTECHNOLOGY.....	28
USING LASER SCANNING CONFOCAL MICROSCOPY TO STUDY THE PARENCHYMA OF <i>G. SOJA</i> AND <i>G. MAX</i> SOYBEAN SEEDS <i>S. I. Lavrentyeva, L. E. Ivachenko.....</i>	28
 AGROCHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE.....	38
EVALUATION OF TOMATO SOURCE MATERIAL TO A COMPLEX OF PATHOGENS AND SEARCH FOR SOURCES OF RESISTANCE FOR BREEDING IN THE VOLGOGRAD REGION <i>E. V. Struchalina, L. M. Sokolova.....</i>	38
HISTORY OF THE STUDY OF SOYBEAN PESTS IN THE AMUR REGION <i>A. A. Kuzmin.....</i>	51
CONSERVATION AND USE OF THE SOYBEAN RHIZOBIA GENE POOL IN AMUR REGION <i>M. V. Yakimenko, I. Y. Tatarenko, A. I. Sorokina, Y. S. Gutor, A. V. Chepeleva.....</i>	62
 TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX.....	77
OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF THE THRESHING AND SEPARATING DEVICE OF A COMBINE TO IMPROVE THE QUALITY OF SOYBEAN SEEDS <i>I. M. Priyazhnaya, S. P. Prisyazhnaya, D. S. Kotenko.....</i>	77
IMPROVING THE MEANS FOR SAMPLING CRUSHED STRAW AFTER THE OPERATION OF THE SHREDDER-SPREADER OF THE GRAIN HARVESTER <i>V. S. Usanov, V. A. Sakharov, A. V. Lipkan, A. A. Kuvshinov.....</i>	88

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО GEOPONICS AND CROPPING

Научная статья

УДК 634.14:581.144.2.045

EDN: AOZGYC

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-5-12>

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ «ЦИРКОН» ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЗЕЛЁНЫХ И ОДРЕВЕСНЕВШИХ ЧЕРЕНКОВ ФОРМ АЙВЫ

Илона Валериевна Зацепина

Селекционно-генетический центр имени И. В. Мичурина, г. Мичуринск, Россия,
ilona.valerevna@mail.ru

Аннотация. «Циркон» является безопасным препаратом как для человека, так и для окружающей среды. Его можно использовать двумя способами: опрыскивать растения или замачивать семена, луковицы и черенки. Этот регулятор роста применяют для выращивания различных сельскохозяйственных культур, включая цветы, плодовые и ягодные культуры, а также декоративные растения. Целью нашей работы является укоренение зелёных и одревесневших черенков в теплице с плёночным укрытием, а также определение форм айвы с наибольшими показателями укоренения, высоты приростов, диаметра условной корневой шейки, количества и длины корней. В процессе исследования проводились экспериментальные работы, посвященные изучению укореняемости различных форм айвы: ВА 29 (к), Северная, Прованская, Пензенская, № 25, № 40, № 21, № 31 и № 13. В качестве веществ, стимулирующих процессы корнеобразования, использовали водный раствор «Циркона» в концентрации 1,0 миллилитров на 10 литров воды, оставляемый на 16 часов для настаивания. В качестве контрольного варианта использовалась обычная вода. По результатам проведённых исследований было установлено, что наибольшим укоренением при обработке срезов регулятором роста растений «Циркон» (1,0 миллилитров на 10 литров воды на 16 часов) и без его применения обладали формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к) и Северная. Также наибольшей высотой приростов, диаметром условной корневой шейки, количеством корней и длиной корней как при использовании регулятора роста, так и без него обладали формы айвы Пензенская, Прованская и ВА 29. Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают эффективность применения «Циркона» для укоренения черенков айвы, что открывает новые возможности для его использования в селекции и сельском хозяйстве в целом.

Ключевые слова: стимулятор роста растений, формы, айва, циркон, физиологические аспекты.

Для цитирования: Зацепина И. В. Физиологические аспекты использования регулятора роста растений циркон для укрепления зелёных и одревесневших черенков форм айвы // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 5–12. EDN: AOZGYC. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-5-12>

Original article

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF USING THE PLANT GROWTH REGULATOR "ZIRCON" TO STRENGTHEN GREEN AND LIGNIFIED QUINCE CUTTINGS

Ilona V. Zatsepina

Federal Scientific Center I. V. Michurin Breeding and Genetic Center Michurinsk, Russia,
ilona.valerevna@mail.ru

Abstract. "Zircon" is a safe preparation for both humans and the environment. It can be used in two ways: spraying plants or soaking seeds, bulbs and cuttings. This growth regulator is used to grow various agricultural crops, including flowers, fruit and berry crops, and ornamental plants. The goal of our work is

© Зацепина И. В., 2025

to root green and lignified cuttings in a greenhouse with a film cover, as well as to determine the forms of quince with the highest rooting rates, growth height, conditional root collar diameter, number and length of roots. During the study, experimental work was conducted to study the rooting of various forms of quince: VA 29 (k), Severnaya, Provanskaya, Penzenskaya, No. 25, No. 40, No. 21, No. 31 and No. 13. An aqueous solution of "Zircon" at a concentration of 1.0 ml per 10 liters of water, left for 16 hours to infuse, was used as a substance stimulating root formation processes. Ordinary water was used as a control option. Based on the results of the studies, it was found that the Penzenskaya, Provanskaya, VA 29 (k) and Severnaya forms of quince had the greatest rooting when treating cuts with the plant growth regulator zircon (1.0 ml per 10 liters of water for 16 hours) and without its use. Also, the highest growth height, conditional root collar diameter, number of roots and root length both with and without the use of a growth regulator were found in the Penzenskaya, Provanskaya and VA 29 quince varieties. Thus, the results of our study confirm the effectiveness of using "Zircon" for rooting quince cuttings, which opens up new possibilities for its use in breeding and agriculture in general.

Keywords: plant growth stimulator, shapes, quince, "Zircon", physiological aspects.

For citation: Zatsepina IV. Fiziologicheskie aspekty ispol'zovaniya regulatora rosta rastenii tsirkon dlya ukrepleniya zelenykh i odrevesnevshikh cherenkov form айвы [Physiological aspects of using the plant growth regulator zircon to strengthen green and lignified quince cuttings]. *Agronauka. Agrosience*. 2025;3:1: 5–12 (in Russ.). EDN: AOZGYC. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-5-12>

Введение

Размножение плодово-ягодных, цветочных, декоративных культур – это самый распространённый способ зелёными или одревесневшими черенками [1].

Для того, чтобы укоренить зелёные и одревесневшие черенки необходимо правильно их заготовить. Для этого нужно подготовить субстрат, узнать температуру, влажность, а также агрегатный состав почвы, обеспеченность её элементами питания, твёрдость, плотность при доращивании саженцев [2].

На сегодняшний день для укоренения зелёных и одревесневших черенков плодово-ягодных, цветочных и декоративных культур необходимо использовать синтетические стимуляторы и регуляторы роста с ауксиновой активностью, такие как «корневин», «гетероауксин», «этамон» и «Циркон». Эти вещества эффективно способствуют процессу корнеобразования.

Однако большое количество таких препаратов являются импортными и довольно дорогими. При этом они могут иметь среднюю токсичность, что иногда приводит к интенсивному каллусообразованию. В связи с этим возникает необходимость в поиске доступных и отечественных препаратов, которые не уступали бы по эффективности синтетическим ауксинам и могли бы оказывать положительное влияние на адаптивные свойства укоренённых растений.

Айва представляет собой ценную плодовую культуру, в плодах которой содержится множество разнообразных витаминов, что делает её полезной для здоровья. В основном айву используют в переработанном виде, поскольку её плоды обладают большой твёрдостью и терпким вкусом. По сравнению с грушей, айва проявляет меньшую подверженность болезням и вредителям, однако она серьёзно страдает от морозов и заморозков.

Цель исследований – укоренение зелёных и одревесневших черенков в теплице с плёночным укрытием с помощью регулятора роста «Цикон», а также выделение форм айвы с наилучшими показателями укоренения, высоты приростов, диаметра условной корневой шейки, а также количеством и длиной корней.

Условия, материалы и методы

Работа проводилась в ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина», в подразделении в Селекционно-генетическом центре имени И. В. Мичурина с 2012 по 2024 гг.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования по изучению укореняемости на формах айвы ВА 29 (к), Северная, Прованская, Пензенская, № 25, № 40, № 21, № 31, № 13. В качестве веществ, стимулирующих процессы корнеобразования, использовали водный раствор «Цир-

кон» (1,0 мл/10 л воды на 16 ч). В качестве контроля использовали воду.

Укоренение зелёных и одревесневших черенков проводили в плёночных парниках с системой автоматизированного туманообразования. Температура в теплице была на уровне 25...30 °С, влажность субстрата 60...80 %. При этом температура воздуха на улице с 1 июня по 30 августа была: средняя +21,3 °С; минимальная +9,8 °С; максимальная +34,2 °С. Влажность воздуха 65 %.

Метод зелёного и одревесневшего черенкования предусматривает выращивание полноценных саженцев из побегов текущего года (длина 12...15 см), взятых с материнского растения. Для изучения зависимости степени укореняемости зелёных и одревесневших черенков от фаз вегетации маточных растений черенкование проводилось нами через каждые 5...7 дней, начиная с момента, когда с одного побега можно было взять по 1...2 черенка, до окончания роста побегов. В экспериментах использовались маточные растения различного возраста: деревья 7...12 лет, кустарники 5...10 лет. Размер черенка определялся длиной междоузлий: у сильнорослых побегов они нарезались – с одним междоузлием, у слаборослых – с двумя-четырьмя. Нижние листья удалялись полностью, верхние укорачивались или оставлялись целыми. Срезы осуществлялись лезвием острой бритвы, так как при этом способе не допускалось сжатие живых клеток луба и повреждение коры. Побеги срезались в утренние часы. Учитывалось местоположение их на материнском растении и черенков на побеге. Для черенкования использовались боковые отрастающие побеги из средней части кроны. Черенки высаживали во влажный субстрат под углом 45 °С. В качестве субстрата укоренения применяли смесь торфа и речного песка в соотношении 1:1. Схема посадки – 5×5 см. Опыты закладывались в трёхкратной повторности по 120 черенков в каждом повторении.

Изучение укореняемости зелёных и одревесневших черенков было проведено в теплице с плёночным покрытием, оснащённой туманообразующей установкой по общепринятой методике, разработанной Н. Н. Коваленко (2011) [6]. Определение уко-

реняемости, высоты укоренённого подвоя, количества корней, длины корневой системы проводили по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (под общей редакцией Академика РАСХН Е. Н. Седова, д-ра с.-х. наук Т. П. Огольцовой) [7]. Статистическую обработку осуществляли по общепринятой методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985) [8].

Результаты и обсуждение

На основании результатов проведённых исследований было установлено, что наибольшим укоренением при обработке срезов регулятором роста растений «Цирконом» (1,0 мл/10 л воды на 16 ч) зелёных черенков обладали формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная; данный показатель составлял от 83,2 до 88,7 %. Хорошо укоренились (от 76,4 до 78,6 %) зелёные черенки форм № 21, № 40, № 25. Средней укореняемостью характеризовались формы № 13 – 67,5 %, № 31 – 68,9 % (рисунок 1).

Без обработки регулятором роста растений лучший результат укоренения (от 71,7 до 77,9 %) продемонстрировали зелёные черенки форм айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. У форм айвы № 21, № 40, № 25 укоренение составляло от 66,5 до 68,5 %. Айва № 13 и № 31 укоренились от 55,5 % до 57,6 % (рисунок 1).

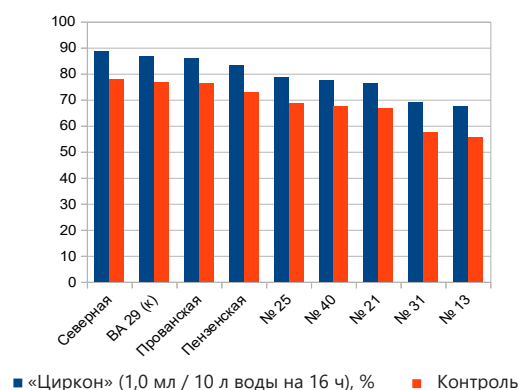


Рисунок 1 – Укоренение зелёных черенков форм айвы с использованием регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) и без применения регулятора роста растений

Figure 1 – Rooting of green cuttings of quince forms using the plant growth regulator "Zircon" (1.0 ml / 10 l of water for 16 h) and without the use of plant growth regulator

После того как зелёные черенки айвы укоренились в теплицы, была проведена биометрическая оценка укоренившимся формам айвы.

Результаты исследований показали, что наибольшей высотой приростов (от 35,9 до 39,7 см) при использовании регулятора ро-

ста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) обладали формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Приростом от 26,1 до 28,7 см характеризовались формы айвы № 21, № 40, № 25. У форм айвы № 13, № 31 прирост был отмечен в 19,5 см и 19,7 см (таблица 1).

Таблица 1 – Биометрические показатели зелёных черенков айвы укоренённых с помощью регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч)

Table 1 – Biometric indicators of green cuttings of quince rooted with the help of the plant growth regulator "Zircon" (1.0 ml / 10 l of water for 16 h)

Форма	Высота приростов, см.		Диаметр условной корневой шейки, см.		Количество корней, шт.		Длина корней, см.	
	«Циркон»	Контроль	«Циркон»	Контроль	«Циркон»	Контроль	«Циркон»	Контроль
Северная	39,7	28,6	1,5	1,4	38,8	27,4	27,6	19,9
ВА 29 (к)	38,6	27,5	1,5	1,4	37,4	26,9	26,8	19,8
Прованская	37,6	26,5	1,5	1,4	36,6	25,6	25,7	19,7
Пензенская	35,9	26,0	1,5	1,4	35,4	24,4	24,1	19,5
№ 25	28,7	19,9	1,4	1,3	28,9	19,8	19,7	18,7
№ 40	27,5	19,6	1,4	1,3	27,6	19,6	19,4	18,5
№ 21	26,1	19,5	1,4	1,3	26,1	19,1	19,1	18,1
№ 31	19,7	18,6	1,3	1,2	18,7	18,6	18,5	17,3
№ 13	19,5	18,1	1,3	1,2	18,4	18,1	18,0	17,0
НСР ₀₅	1,9	1,8	0,9	0,7	1,9	1,7	1,7	1,6

Наибольший диаметр условной корневой шейки при применении регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) продемонстрировали формы айвы Северная, ВА 29 (к), Прованская, Пензенская – 1,5 см. Хороший диаметр условной корневой шейки имели формы айвы № 21, № 40, № 25 – 1,4 см; средним диаметром условной корневой шейки характеризовались формы айвы № 13, № 31 – 1,3 см (таблица 1).

Наибольшее количество корней при обработке регулятором роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) – от 35,4 до 38,8 шт. – было отмечено у форм айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Хорошим количеством корней обладали формы айвы № 21, № 40, № 25, данный результат составлял от 26,1 до 28,9 шт.

Среднее количество корней было отмечено у форм айвы № 13 – 18,4 шт., № 31 – 18,7 шт. (таблица 1).

Наибольшей длиной корней при использовании регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) характеризовались формы айвы Пензенская – 24,1 см, Прованская – 25,7 см, ВА 29 (к) – 26,8 см, Северная – 27,6 см. Хорошую длину корней (от 19,1 до 19,7 см) продемонстрировали формы айвы № 21, № 40, № 25. У форм айвы № 13 и № 31 данный показатель составлял 18,1 см и 18,6 см (таблица 1).

Без использования регулятора роста растений наибольшей высотой приростов (от 26,0 до 28,6 см) характеризовались формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Хороший прирост – от 19,5 до 19,9

см – имели формы айвы № 21, № 40, № 25. Средним приростом обладали формы айвы № 13 – 18,1 см, № 31 – 18,6 см (таблица 1).

Наибольшим диаметром условной корневой шейки без применения регулятора роста растений обладали формы айвы Северная, ВА 29 (к), Прованская, Пензенская – 1,4 см. Хороший диаметр условной корневой шейки продемонстрировали формы айвы № 21, № 40, № 25 – 1,3 см. У форм айвы № 13 и № 31 данный показатель составлял 1,2 см (таблица 1).

Без обработки регулятором роста растений наилучшими показателями количества корней (от 24,4 до 27,4 шт.) обладали формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Формы айвы № 21, № 40, № 25 количество корней продемонстрировали от 19,1 до 19,8 шт. Средним количеством корней характеризовались формы айвы № 13 –

18,1 шт., № 31 – 18,6 шт. (таблица 1).

Наибольшая длина корней без использования стимулятора роста растений была отмечена у форм айвы Пензенская – 19,5 см, Прованская – 19,7 см, ВА 29 (к) – 19,8 см, Северная – 19,9 см. Хорошую длину корней (от 18,1 до 18,7 см) продемонстрировали формы айвы № 21, № 40, № 25. У форм айвы № 13 и № 31 длина корней составляла 17,0 см и 17,3 см (таблица 1).

Наибольшими результатами укоренения одревесневших черенков при использовании регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) (от 73,0 до 79,6 %) характеризовались формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Хорошей укореняемостью обладали формы айвы № 21, № 40, № 25, данный результат составлял от 65,8 до 68,8 %. Формы айвы № 13 и № 31 укоренились на 53,7 % и 55,9 % (рисунок 2).

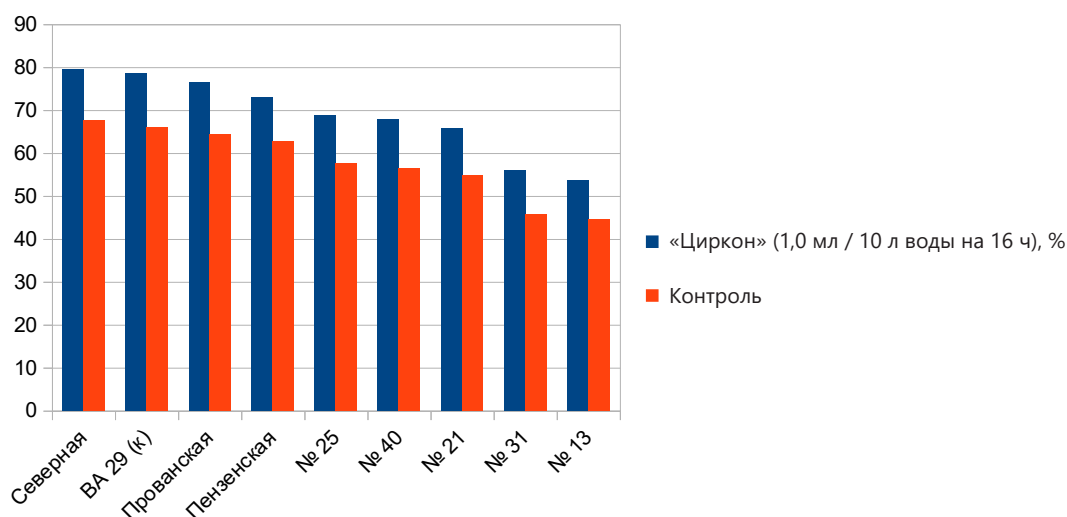


Рисунок 2 – Укоренение одревесневших черенков форм айвы с применением регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) и без использования регулятора роста растений
Figure 2 – Rooting of lignified cuttings of quince forms with the use of the plant growth regulator "Zircon" (1.0 ml / 10 l of water for 16 h) and without the use of the plant growth regulator

Без применения регулятора роста растений наибольшую укореняемость (от 62,7 до 67,7 %) продемонстрировали формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Хорошо укоренились формы айвы № 21 – 54,8 %, № 40 – 56,5 %, № 25 – 57,6 %. Средними показателями укоренения обладали формы айвы № 13 – 44,6 %, № 31 – 45,8 % (рисунок 2).

После того, как одревесневшие черенки укоренились в теплицы, была дана биометрическая оценка укоренившимся формам айвы.

В результате проведенных исследований было установлено, что при обработке регулятором роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) наибольшей высотой приростов (от 25,1 до 29,9 см) характе-

ризвались формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. У форм айвы № 21, № 40, № 25 прирост составлял от 19,1 до 19,8 см. Приростом от 18,1 до 18,8 см обладали формы айвы № 13, № 31 (таблица 2).

Наибольшим диаметром условной корневой шейки при использовании регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) обладали формы айвы (Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная – 1,4 см). Хороший диаметр условной корневой шейки продемонстрировали формы айвы (№ 21, № 40, № 25 – 1,3 см), у форм айвы № 13 и № 32 данный результат составлял 1,2 см (таблица 2).

Наибольшее количество корней при применении регулятора роста растений циркона (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) имели формы айвы Пензенская – 25,1 шт., Прованская – 26,8 шт., ВА 29 (к) – 27,9 шт., Северная – 28,7 шт. Хорошим количеством корней (от 18,2 до 18,8 шт.) обладали формы айвы № 21, № 40, № 25. Средними показателями характеризовались формы айвы № 13 – 17,6 шт., № 31 – 17,9 шт. (таблица 2).

При использовании регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на

16 ч) наибольшую длину корней (от 14,9 до 17,7 см) продемонстрировали формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. У форм айвы № 21, № 40, № 25 длина корней составляла от 8,2 до 8,9 см. Низкими показателями данного признака обладали формы айвы № 13 – 7,8 см, № 31 – 7,9 см (таблица 2).

Без использования регулятора роста растений лучшими результатами высоты приростов (от 19,0 до 19,6 см) характеризовались формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. Хороший прирост продемонстрировали формы айвы № 21, № 40, № 25, результат составлял от 18,0 до 18,7 см. Средним приростом от 17,1 до 17,5 см обладали формы айвы № 13, № 31 (таблица 2).

Наибольший диаметр условной корневой шейки без применения регулятора роста растений был отмечен у форм айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная – 1,3 см. Хорошим диаметром условной корневой шейки обладали формы айвы (№ 21, № 40, № 25 – 1,2 см). Средний диаметр условной корневой шейки имели формы айвы № 13, № 31 – 1,2 см (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические показатели одревесневших черенков айвы укоренённых с помощью регулятора роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч)

Table 2 – Biometric indicators of lignified quince cuttings rooted with the plant growth regulator "Zircon" (1.0 ml / 10 l of water for 16 h)

Форма	Высота приростов, см		Диаметр словной корневой шейки, см		Количество корней, шт.		Длина корней, см	
	«Циркон»	Контроль	«Циркон»	Контроль	«Циркон»	Контроль	«Циркон»	Контроль
Северная	29,9	19,6	1,4	1,3	28,7	17,9	17,7	16,6
ВА 29 (к)	28,7	19,4	1,4	1,3	27,9	16,8	16,9	15,8
Прованская	27,9	19,1	1,4	1,3	26,8	15,7	15,6	14,1
Пензенская	25,1	19,0	1,4	1,3	25,1	14,6	14,9	13,8
№ 25	19,8	18,7	1,3	1,2	18,8	9,9	8,9	7,9
№ 40	19,7	18,6	1,3	1,2	18,6	9,7	8,7	7,8
№ 21	19,1	18,0	1,3	1,2	18,2	9,3	8,2	7,5
№ 31	18,8	17,5	1,2	1,1	17,9	8,8	7,9	6,9
№ 13	18,1	17,1	1,2	1,1	17,6	8,6	7,8	6,7
НСР ₀₅	1,8	1,7	0,09	0,08	1,7	1,4	1,3	1,2

Наибольшим количеством корней без обработки регулятором роста растений (от 14,6 до 17,9 шт.) характеризовались формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. От 9,3 до 9,9 шт. имели формы айвы № 21, № 40, № 25. Низким количеством корней обладали формы айвы № 13 – 8,6 шт., № 31 – 8,8 шт. (таблица 2).

Без использования регулятора роста растений наилучшие результаты длины корней были продемонстрированы у форм айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная, данный показатель составлял от 13,8 до 16,6 см. Средней длиной корней (от 7,5 до 7,9 см) обладали формы айвы № 21, № 40, № 25. У форм айвы № 13 и № 31 длина корней была 6,7 см и 6,9 см (таблица 2).

Выводы

В ходе проведённых исследований было установлено, что наибольшим укоренением при обработке срезов регулятором роста растений «Циркон» (1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) зелёных черенков обладали айва Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная.

Без обработки регуляторами роста наиболее высокие результаты укоренения показали зелёные черенки форм айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная. При отсутствии стимуляторов эти формы также характеризовались максимальной высотой приростов, диаметром условной корневой шейки, количеством и длиной корней. При использовании регулятора роста растений «Циркон» 1,0 мл / 10 л воды на 16 ч) формы айвы Пензенская, Прованская, ВА 29 (к), Северная продемонстрировали наилучшие показатели: высоты приростов, диаметра корневой шейки, а также количества и длины корней. Таким образом, независимо от того, применялся ли регулятор роста или нет, вышеуказанные формы айвы показали лучшие результаты в укоренении как зелёных, так и одревесневших черенков.

Эти результаты подчёркивают высокую укореняемость данных форм айвы и их перспективность для дальнейшего размножения.

Список источников

1. Гурин А. Г., Резвякова С. В., Сычева И. И. Выход посадочного материала садовых культур в зависимости от предпосадочной обработки почвы // Плодоводство и ягодоводство России. Москва: ВСТИСП. 2014. Т. XXXX. Ч. 2. С. 98–104.
2. Гурин А. Г., Резвякова С. В. Оводненность и транспирация листьев саженцев плодовых и декоративных пород в зависимости от условий выращивания // Современное садоводство. 2014. № 1 (9). С. 45–51.
3. Резвяков А. В., Гурин А. Г., Резвякова С. В. Влияние стимулятора роста нового поколения на продуктивность питомника груши // Плодоводство и ягодоводство России. 2013. Т. 36. № 2. С. 114–119.
4. Эффективность использования крезацина и его смесей с мивалом при укоренении зелёных черенков барбариса / О. Н. Аладина, Н. П. Карсункина, С. В. Акимова, В. В. Дьяков // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2003. Вып. 3. С. 1–11.
5. Родин А. Р., Попова Н. Я. Выращивание посадочного материала хвойных пород с использованием экологически чистых регуляторов роста // Регуляторы роста и развития растений: тезисы докладов V международной конференции (29 июня – 1 июля 1999 года). Москва. 1999. С. 181–182.
6. Коваленко Н. Н. Выращивание посадочного материала садовых культур с использованием зелёного черенкования: методические рекомендации. Краснодар: СКЗНИИСИВ. 2011. 54 с. EDN: SNOXEN.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под общей редакцией академика РАСХН Е. Н. Седова, доктора сельскохозяйственных наук Т. П. Огольцовой. Орёл: Изд-во ВНИИСПК, 1999. С. 34–47.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1985. 351 с.

References

1. Gurin AG, Rezvyakova SV, Sycheva II. Vыход posadochnogo materiala sadovykh kul'tur v zavisimosti ot predposadochnoi obrabotki pochvy [Yield of planting material of garden crops depending on pre-plant-

ing tillage]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. Fruit growing and berry growing in Russia*. Moscow: VST. 2014;XXX:2:98–104. (in Russ.).

2. Gurin AG, Rezvyakova SV. Ovodnennost' i transpiratsiya list'ev sazhentsev plodovykh i dekorativnykh porod v zavisimosti ot uslovii vyrashchivaniya [Hydration and transpiration of leaves of seedlings fruit and ornamental species, depending on the growing conditions]. *Sovremennoe sadovodstvo. Modern gardening*. 2014;1:9:45–51. (in Russ.).

3. Rezvyakov AV, Gurin AG, Rezvyakova SV. Vliyanie stimulyatora rosta novogo pokoleniya na produktivnost' pitomnika grushi [The effect of a new generation growth stimulator on the productivity of a pear nursery]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. Fruit and berry growing in Russia*. 2013;36:2:114–119. (in Russ.).

4. Aladina ON, Karsunkina NP, Akimova SV, Dyakov VV. Effektivnost' ispol'zovaniya krezatsina i ego smesei s mivalom pri ukorenении zelenykh cherenkov barbarisa [The effectiveness of using crezacin and its mixtures with mival when rooting green cuttings of barberry]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2003;3:1–11. (in Russ.).

5. Rodin AR, Popova NYa. Vyrashchivanie posadochnogo materiala khvoinykh porod s ispol'zovaniem ekologicheskikh chistykh regulyatorov rosta [Cultivation of softwood planting material using environmentally friendly growth regulators]. *Regulatory rosta i razvitiya rastenii: tezisy dokladov V mezhdunarodnoi konferentsii. Regulators of plant growth and development: abstracts of the V International Conference 29 June – 1 July 1999*. Moscow, 1999:181–182. (in Russ.).

6. Kovalenko NN. Vyrashchivanie posadochnogo materiala sadovykh kul'tur s ispol'zovaniem zelenogo cherenkovaniya: metodicheskie rekomendatsii [Cultivation of planting material of garden crops using green cuttings: methodological recommendations]. Krasnodar: SKZNIISiV. 2011; 54 p. (in Russ.).

7. Ogoltsova TP, Sedov EN. (eds.). *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops*. Orel: VNI-ISPK Publishing House, 1999:34–47. (in Russ.).

8. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]*. 5th ed., reprint. and additional. Moscow: Kolos, 1985;351 p. (in Russ.).

Информация об авторе

И. В. Зацепина – канд. с.-х. наук, науч. сотр.

Information about the author

I. V. Zatsepina – Cand. of Agri. Sci., Researcher

**Статья поступила в редакцию 19.12.2024;
одобрена после рецензирования 16.01.2025;
принята к публикации 20.01.2025**

**The article was submitted 19.12.2024;
approved after reviewing 16.01.2025;
accepted for publication 20.01.2025**

Научная статья

УДК 663.126:57.084.1:537.523.9

EDN: CIOEOP

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-13-21>**ДЕЙСТВИЕ НЕТЕРМАЛЬНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ НА ДРОЖЖИ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*****Дарья Игоревна Титова, Владимир Александрович Харламов,
Ибрагим Меджидович Меджидов**ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Россия, daria.petrushina@outlook.com

Аннотация. The aim of this work is to study the effect of non-thermal (low-temperature, cold) argon plasma on the inactivation of a traditional model organism – *Saccharomyces cerevisiae*. To generate non-thermal argon plasma, a source of nonequilibrium plasma based on a cold plasma jet of an electrodeless microwave discharge at atmospheric pressure was developed in the form of an experimental setup. A series of experiments were carried out to select the optimal parameters for yeast cell inactivation. The results of the study showed the antiyeast activity of non-thermal plasma for *S. cerevisiae* when acting on baker's yeast cells seeded superficially on a dense nutrient medium (solid lawn). On the 1st day of incubation, a rounded zone of yeast growth inhibition was formed on the surface of the agar in the Petri dish, the diameter of which with an increase in the duration of plasma exposure to 20 min. was comparable to the diameter of the Petri dish. Also, on the first day of incubation in Petri dishes, the growth inhibition zone fluctuated in the range of 96...100 % of the total surface area of the Petri dishes after 10 and 20 min. of plasma exposure, respectively. In addition, a decrease in the colony size on the Petri dishes treated with a plasma jet was visually observed compared to the control (surface seeding not treated with a plasma jet). However, after 48 h of incubation, the growth inhibition zones in the Petri dishes after exposure to non-thermal plasma were overgrown, regardless of the duration of plasma exposure. After two days of incubation, statistically significant differences in the number of grown colonies of *S. cerevisiae* were observed compared to the control. The maximum exposure time (20 min.) led to a pronounced statistically significant decrease in the total number of CFU *S. cerevisiae* relative to the control by 86.6 %. After 10 min. exposure, a delay in the rate of yeast growth and a reliable decrease in the number of grown colonies of *S. cerevisiae* by 9 % relative to the control were observed.

Ключевые слова: аргонная плазма, СВЧ-плазма, дрожжевые клетки, грибы, сахаромикеты, аскомицеты.

Для цитирования: Титова Д. И., Харламов В. А., Меджидов И. М. Действие нетермальной аргонной плазменной струи на дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 13–21. EDN: CIOEOP. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-13-21>

Original article

TREATMENT OF THE NON-THERMAL ARGON PLASMA JET SOURCE ON YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE***Daria I. Titova, Vladimir A. Kharlamov, Ibragim M. Medzhidov**Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute», Russia, daria.petrushina@outlook.com

Abstract. The aim of this work is to study the effect of non-thermal (low-temperature, cold) argon plasma on the inactivation of a traditional model organism – *Saccharomyces cerevisiae*. To generate non-ther-

© Титова Д. И., Харламов В. А., Меджидов И. М., 2025

mal argon plasma, a source of nonequilibrium plasma based on a cold plasma jet of an electrodeless microwave discharge at atmospheric pressure was developed in the form of an experimental setup. A series of experiments were carried out to select the optimal parameters for yeast cell inactivation. The results of the study showed the antiyeast activity of non-thermal plasma for *S. cerevisiae* when acting on baker's yeast cells seeded superficially on a dense nutrient medium (solid lawn). On the 1st day of incubation, a rounded zone of yeast growth inhibition was formed on the surface of the agar in the Petri dish, the diameter of which with an increase in the duration of plasma exposure to 20 min. was comparable to the diameter of the Petri dish. Also, on the first day of incubation in Petri dishes, the growth inhibition zone fluctuated in the range of 96...100 % of the total surface area of the Petri dishes after 10 and 20 min. of plasma exposure, respectively. In addition, a decrease in the colony size on the Petri dishes treated with a plasma jet was visually observed compared to the control (surface seeding not treated with a plasma jet). However, after 48 h of incubation, the growth inhibition zones in the Petri dishes after exposure to non-thermal plasma were overgrown, regardless of the duration of plasma exposure. After two days of incubation, statistically significant differences in the number of grown colonies of *S. cerevisiae* were observed compared to the control. The maximum exposure time (20 min.) led to a pronounced statistically significant decrease in the total number of CFU *S. cerevisiae* relative to the control by 86.6 %. After 10 min. exposure, a delay in the rate of yeast growth and a reliable decrease in the number of grown colonies of *S. cerevisiae* by 9 % relative to the control were observed.

Keywords: argon plasma, microwave plasma, yeast cells, fungi, *saccharomycetes*, *ascomycetes*.

For citation: Titova DI, Kharlamov VA, Medzhidov IM. Deistvie netermal'noi argonovoi plazmennoi strui na drozhzhi *Saccharomyces cerevisiae* [Treatment of the non-thermal argon plasma jet source on yeast *saccharomyces cerevisiae*]. *Agronauka. Agrosience*. 2025;3:1:13–21 (in Russ.). EDN: CIOEOP. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-13-21>

Введение

Нетермальная (низкотемпературная, холодная, неравновесная) плазма атмосферного давления имеет потенциал применения в качестве экономически выгодного, действенного и экологически чистого метода инактивации грибкового загрязнения продуктов питания и растительной продукции [1]. Поэтому исследования установок, генерирующих нетермальную неравновесную плазму при атмосферном давлении, весьма актуальны, так как такие технологии могут стать основой новых подходов к обработке биологических объектов. Основными типами газовых разрядов, используемых для создания нетермальной плазмы, являются коронный и барьерный разряды атмосферного давления. Однако обработка продуктов питания и растительной продукции нетермальной плазмой при атмосферном давлении с целью инактивации грибкового загрязнения в настоящее время ещё не получила широкого применения [2, 3]. В большей степени это связано с тем, что источники нетермальной плазмы представляют собой технически сложное оборудование

с низкой экономической эффективностью. Более того, при использовании источников плазмы с высоким напряжением (10...40 кВ) требуется строгий контроль безопасности [2, 3]. В то же время широкий круг экспериментальных работ посвящён исследованиям различных характеристик разрядов [2, 3]. В этих работах доказана высокая эффективность использования разрядов в лабораторном масштабе для инактивации грибкового загрязнения продуктов питания, защиты семян от грибкового загрязнения, а также для создания штаммов-продуцентов грибов, используемых в промышленности для получения ферментов и метаболитов [4, 5].

Грибы можно разделить на несколько групп в зависимости от размера, морфологии и свойств, среди которых наиболее часто противогрибковое действие нетермальной плазмы исследуют на микроскопических одноклеточных дрожжах и микроскопических многоклеточных нитчатых плесневых грибах [1]. Однако, в опубликованных экспериментальных работах описывают, прежде всего, антибактериальную активность нетермальной плазмы, а воздействие на

микробиоты и дрожжи исследовано недостаточно [1, 6]. Кроме того, как показано во многих исследованиях, когда нетермальная плазма применяется к эукариотическим микроорганизмам, инактивация становится менее эффективной по сравнению с прокариотическими микроорганизмами. Это может быть связано с тем, что эукариотические микроорганизмы имеют иную клеточную структуру и более сложные защитные механизмы от стресса [1]. Несмотря на это, значительная часть эукариотических клеток может быть инактивирована нетермальной плазмой в зависимости от дозы (при этом доза плазмы обычно выражается как время экспозиции плазмой) [7]. В литературе сообщается, что нетермальная плазма может эффективно инактивировать различные грибы, например, дрожжи и плесневые грибки, а также их биоплёнки [1]. Считается, что комбинированное действие компонентов нетермальной плазмы на живые клетки является синергетическим, но до конца не изученным [4]. Например, было показано, что прямое плазменное облучение при атмосферном давлении генерирует ультрафиолетовое излучение, электромагнитные поля и различные химически активные вещества одновременно и, таким образом, может вызывать множественные стрессы в клетках дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* и подавляет рост делящихся дрожжей [8].

Грибковое загрязнение растительной продукции может привести к существенной потере урожая и ухудшению вкусовых качеств и питательных свойств продуктов питания, например, к изменению цвета, появлению неприятного запаха [1]. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* не только считаются безопасными ферментирующими дрожжами в хлебопекарной и пивоваренной промышленности, но и используется в качестве пробиотика для организма человека [1]. Тем не менее, дрожжи относятся к микроорганизмам порчи. В природе дрожжи находятся повсюду, где есть жидкости, содержащиеся сахар – на плодах и ягодах, соках, напитках, кондитерских изделиях и так далее. Дрожжи семейства *Saccharomyces* – спорообразующие, сбраживают углеводы и вызывают порчу вкуса и помутнение

напитков. Дрожжи семейства *S. pastorianus*, например, придают пиву горький привкус и неприятный запах [7]. *Saccharomyces cerevisiae* – основной микроорганизм, загрязняющий фруктовую мякоть и соки [9]. В исследовании авторов [10] свежесжатый яблочный сок обрабатывали нетермальной плазмой. Разряд генерировали на поверхности сока. Такая обработка позволила значительно увеличить срок хранения сока в холодильнике – до 26 дней. В другом исследовании оценивали влияние нетермальной плазмы на инактивацию *S. cerevisiae* в соке черноплодной рябины. Инактивация дрожжей увеличивалась с увеличением времени экспозиции плазмой и уменьшалась с увеличением объёма пробы. Авторы отмечают, что эффект от экспозиции плазмой превосходил термическую обработку (при температуре 90 °C в течение 15 с) [11]. Известно противогрибковое действие нетермальной плазмы на микроорганизмы в кизельгуре – отходе от процесса фильтрации пива, который впитывает оставшиеся дрожжи. При увеличении времени экспозиции до 30 мин. наблюдалось значительное уменьшение количества дрожжей по сравнению с контролем (образцами, необработанными плазмой) [12].

Эффективность инактивации грибкового загрязнения также зависит от способа воздействия плазмы на клетки грибов. Например, используется прямая обработка, при которой клетки грибов подвергаются воздействию плазменного разряда, или непрямая, при которой клетки грибов инкубируют в жидкой среде, которая была обработана плазмой, например, в активированной плазмой воде [1, 7]. Ещё возможно использование плазменных струй. В плазменно-струйных устройствах плазма образуется от разряда внутри сопла, и пропускаемый газ проходит через разряд и переносит плазму к обрабатываемому объекту (например, к чашкам Петри, засеянными грибами). Таким образом, при использовании любого способа обработки, образец может содержать либо непосредственно клетки (прямая обработка), либо определённый тип среды (например, воду), в которой клетки затем инкубируются (непрямая обработка) [7].

Кроме того, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* – это традиционный модельный организм, который оказывает беспрецедентное влияние на наши знания о процессах, происходящих в эукариотических клетках [7]. Поэтому актуальны исследования противогрибкового действия нетермальной плазмы и его механизмов с использованием *S. cerevisiae* в качестве эукариотического модельного организма [1]. Однако, в каждом исследовании нетермальная плазма имеет различные технические характеристики. Это затрудняет сравнение опубликованных ранее материалов исследований.

Цель исследований – оценка действия нетермальной аргонной плазмы, генерируемой в виде холодной плазменной струи безэлектродного СВЧ-разряда атмосферного давления, на дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, культивируемые методом поверхностного посева.

Предполагается, что изучение эффектов воздействия нетермальной аргонной плазменной струи, генерируемой от источника, разработанного в НИЦ «Курчатовский институт», позволит обосновать и расширить её применение против дрожжей, которые могут загрязнять продукты питания и растительную продукцию.

В рамках исследования объектом являлись дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. В качестве тестового объекта использовались культуры дрожжей, высеянных на поверхность плотной питательной среды в чашках Петри. Для создания нетермальной аргонной плазмы применялся генератор, принципы работы которого основаны на формировании холодной плазменной струи безэлектродного СВЧ-разряда атмосферного давления в потоке аргона [13].

Для оценки чувствительности дрожжей к нетермальной аргонной плазме использовали общепринятую методику, основанную на измерении диаметров зон подавления роста на засеянной плотной среде. С этой целью засеивали сплошной газон *Saccharomyces cerevisiae*: 50 мкл рабочей суспензии вносили на чашку Петри с агаром Сабуро комнатной температуры и тщательно

но растирали шпателем. Для получения рабочей суспензии с суточной культуры дрожжей делали смыв и разведение суспензии до 10^4 КОЕ/мл.

Чашки с засеянным газоном помещали под плазменную струю, длительность экспозиции составляла 10 и 20 мин. Затем контрольные и экспериментальные чашки помещали в термостат и инкубировали при 35 °С в течение 48 ч. Далее проводили подсчёт КОЕ на чашках. Кроме количественного учёта проводился контроль морфологических свойств. Режим и параметры воздействия плазменной струи фиксировались и не изменялись на протяжении эксперимента. Плазмообразующий газ – аргон; скорость газовой прокачки – 5 л/мин; температура в области воздействия на дрожжи не превышала 40 °С. Контрольные образцы не обрабатывали плазмой. Обработку тест-объектов проводили в конусе-концентраторе, расстояние от источника плазмы до поверхности образцов составляло 125 мм. Выбор режима и параметров воздействия плазменной струи был сделан исходя из результатов наших предыдущих экспериментов.

Результаты и обсуждение

На 1-е сутки инкубации наблюдали выраженную противодрожжевую активность плазменной струи при её воздействии на клетки *S. cerevisiae*, посеянные поверхностным способом на плотную питательную среду (сплошным газоном). На 1-е сутки инкубации на поверхности агара в чашке Петри формировалась округлая зона подавления роста дрожжей. Диаметр зоны увеличивался с увеличением длительности экспозиции плазмой, достигая размеров чашки Петри при 20-минутной обработке (таблица 1). Таким образом, увеличение длительности экспозиции плазменной струей на тест-объект приводило к увеличению площади зоны подавления роста.

Для полноты оценки противодрожжевой активности плазменной струи проводилось визуальное сравнение и измерение зоны подавления роста дрожжей после воздействия плазменной струей на 1-е и 2-е сутки инкубации. На 1-е сутки инкубации в чашках Петри, обработанных плазмой в те-

чение 10 мин., зона подавления роста колебалась в диапазоне 95...96 % от общей площади поверхности чашек Петри; в то время как для чашек Петри после 20 мин. экспозиции плазмой она составила 100 %. Также визуально наблюдали уменьшение размера колоний на чашках Петри, обработанных

плазменной струей, относительно контроля (поверхностный посев, не обработанный плазменной струей). Однако после 48 ч инкубации зоны подавления роста в чашках Петри после воздействия плазменной струи зарастали, независимо от длительности экспозиции плазмой.

Таблица 1 – Диаметр зоны подавления роста (мм) на засеянном газоне *Saccharomyces cerevisiae* после воздействия плазменной струи

Table 1 – Diameter of the growth inhibition zone (mm) on a seeded lawn of *Saccharomyces cerevisiae* after exposure to a plasma jet

Длительность экспозиции	Контроль		10 мин.		20 мин.	
Длительность инкубирования	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
<i>KOE / чашка Петри:</i>						
Минимум	0,0	0,0	76,0	0,0	79,5	0,0
Максимум	0,0	0,0	77,0	0,1	80,0	0,03
Медиана	0,0	0,0	76,5	0,0	80,0	0,0
Мода	0,0	0,0	76,5	0,0	80,0	0,0
Среднее значение (среднее арифметическое)	0,0	0,0	76,5	0,03	79,88	0,01
Стандартная ошибка (ошибка средней арифметической)	0,0	0,0	0,20	0,03	0,13	0,01

Спустя двое суток инкубации с помощью t-критерия Стьюдента вычисляли р-значение и определяли значимость для двух наборов данных. В эксперименте наблюдали статистически значимые (уровень значимости по критерию Стьюдента = 0,046) различия с контролем в тест-образцах после 10 мин. экспозиции. Максимальное время экспозиции (20 мин.) приводило к намного более выраженному статистически значимому ($p < 0,01$) снижению общего числа КОЕ в чашках Петри относительно контроля (таблица 2).

Таким образом, плазменная струя обладает противодрожжевой активностью при использовании в качестве тест-объ-

екта поверхностно посеянных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (на плотной среде в чашках Петри). Однако, выраженная противодрожжевая активность плазменной струи фиксировалась только после 20 мин. (при максимальной длительности экспозиции), а после 10 мин. наблюдали задержку скорости роста дрожжей. При воздействии плазменной струи в течение 10 мин. наблюдали снижение КОЕ на 9 %, что, однако, достоверно отличалось от контроля и тест-объектов после 20 мин. экспозиции. В то же время 20 мин. воздействия плазменной струей приводило к существенному достоверному снижению КОЕ на 86,6 % относительно контроля.

Таблица 2 – Количество выросших колоний *Saccharomyces cerevisiae*, КОЕ / чашка Петри (48 ч, 35 °C), после воздействия плазменной струи

Table 2 – Number of grown colonies of *Saccharomyces cerevisiae*, CFU / Petri dish (48 h, 35 °C), after exposure to plasma jet

Длительность экспозиции	Контроль	10 мин.	20 мин.
<i>KOE / чашка Петри</i>			
Минимум	343	325	43
Максимум	388	338	55
Медиана	365	333	49
Мода	343	338	43
Среднее значение (среднее арифметическое)	365,00	332,00	48,75
Стандартная ошибка (ошибка средней арифметической)	12,71	3,49	3,33

Полученные в нашей работе результаты в целом соответствуют данным, опубликованным другими авторами для *Saccharomyces cerevisiae*.

В работе С. В. Гомбоевой и соавторов (2017 г.) плазменной струёй обрабатывали чашки Петри, засеянные микроорганизмами, и затем помещали их на выращивание в термостат. В этой работе показали, что после воздействия плазменной струи слабо-точного искрового разряда атмосферного давления в аргоне на дрожжи *S. cerevisiae* в течение 6 мин. на расстоянии 10 мм от агара, зона стерильности достигала 31 мм. Уменьшение количества *S. cerevisiae* также наблюдалось при экспозиции от 5 мин. [2]. Похожие результаты были получены другими исследователями и для поверхностной микродисперсной плазмы в отношении *S. cerevisiae*, при этом была отмечена прямая положительная корреляция со временем экспозиции. Так, 10-минутная экспозиция на расстоянии 1 мм продемонстрировала наилучшую эффективность инактивации, снизив количество микроорганизмов в 3,5 раза [14].

Различия между полученными нами результатами и данными других авторов можно объяснить тем, что в нашем эксперименте был использован конус-концентратор и устанавливалось большее расстояние от источника плазмы до поверхности агара Сабуро с посевом, составляющее 125 мм.

В данной работе нами применялось воздействие плазмы, которая генерировалась от СВЧ-разряда внутри сопла, и пропускаемый аргон, проходя через разряд, переносил плазму к чашкам Петри, засеянным дрожжами. В нашей работе мы не применяли плазменно-активированную воду, поскольку результаты показывают, что при прямой обработке плазмой погибает значительно больше грибковых клеток, чем при инкубации клеток в активированной плазмой воде [7]. Хотя противогрибковое действие плазменно-активированной воды зафиксировано против штамма *S. cerevisiae*, привитого на виноградных ягодах [15], плазменно-активированная вода обладает более слабым противогрибковым действием,

вероятно, из-за отсутствия физических эффектов, таких как сильное электрическое поле, ударные волны избыточного давления и интенсивное ультрафиолетовое излучение [1].

Сообщается, что в дрожжевых клетках, обработанных, в частности, плазменной струёй [16], наблюдалось несколько изменений, которые считаются типичными признаками регулируемой клеточной гибели (апоптоз) [17]. Такие результаты наблюдения могут указывать на то, что, по крайней мере частично, отмирание, наблюдаемое у дрожжей после воздействия плазмой, может быть связано с регулируемой гибелью клеток, которая запускается как реакция либо на повреждение клеток, либо на присутствие реактивных частиц плазмы. Отмирание дрожжевых клеток, скорее всего, непосредственно вызвано нарушением работы жизненно важных клеточных компонентов из-за повреждения, вызванного плазмой [7].

В нашей работе в качестве тест-объектов использовали посев сплошным газоном суспензии суточной культуры *S. cerevisiae* на поверхность плотной питательной среды в чашке Петри в 10^4 КОЕ / чашку. Суспензия суточной культуры готовилась в физрастворе. Как сообщается в литературе, противогрибковое действие плазмы, то есть выживаемость дрожжевых клеток, после экспозиции плазменной струёй имеет выраженную корреляцию от раствора, в котором готовят дрожжевую суспензию. Было показано, что наиболее выраженное противогрибковое действие достигалось, когда дрожжевую суспензию готовили в составе: вода «физраствор» бульон декстрозо-пептонный с дрожжевым экстрактом [18]. Экспозиция плазменной струёй в течение 5 мин. на суспензию клеток *S. cerevisiae* в воде приводила к значительному уменьшению их количества (более чем в 2 раза) [19]. Аналогичные результаты получены после 5 мин. экспозиции диэлектрического барьерного разряда [20]. Итак, самые низкие показатели выживаемости дрожжевых клеток наблюдались при воздействии плазмой на дрожжевую суспензию в воде. При этом эффект был

менее выраженным в физрастворе и наиболее мягким в бульоне декстрозо-пептонном, где показатели выживаемости были значительно выше. Возможно, что защитный эффект физраствора обусловлен его буферной способностью и содержанием соли [7]. Но результаты показали влияние плазменного коронного разряда на жизнеспособность *S. cerevisiae* в физрастворе также показывают линейную корреляцию между продолжительностью воздействия и количеством КОЕ/мл [9].

Приведённые результаты показывают возможность применения нетермальной плазмы для инактивирования планктонных форм дрожжей вида *S. cerevisiae* в растворах, на чашках с агаризованной питательной средой и других искусственных матриксах [1].

Выводы

Противодрожжевые свойства плазменной струи безэлектродного СВЧ-разряда экспериментального генератора были продемонстрированы в исследованиях, направленных на воздействие на дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, которые выращивались на агаризованной богатой среде в

виде газона. Время экспозиции чашек плазменной струей безэлектродного СВЧ-разряда составило 10 и 20 мин. при одинаковом расстоянии от источника плазмы до поверхности, на которой росли дрожжи, равном 125 мм. В течение первого дня инкубации наблюдалась зона подавления роста, которая колебалась от 96 % до 100 % от общей площади поверхности чашек Петри в зависимости от длительности экспозиции – как после 10, так и после 20 мин.

Визуально было зафиксировано уменьшение размера колоний на чашках Петри, обработанных плазменной струей, по сравнению с контролем, представляющим собой поверхностный посев, не подвергнутый обработке плазмой. Через два дня инкубации количество выросших колоний *Saccharomyces cerevisiae* на чашках, подвергшихся 10-минутной экспозиции, осталось на уровне контроля. Однако при максимальной длительности экспозиции в 20 минут количество колоний уменьшилось в среднем в 7,5 раз по сравнению с контролем. Эти результаты свидетельствуют о высокой эффективности плазменной обработки в отношении инактивации дрожжей.

Список источников

1. Ma R., Jiao Z. Inactivation of fungi and fungal toxins by cold plasma // Applications of Cold Plasma in Food Safety. 2022. P.113–166. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1827-7_5
2. Воздействия низкотемпературной плазмы на продукты растительного происхождения / С. В. Гомбоева, И. И. Бадмаева, Б. Б. Балданов, Ц. В. Ранжуров, Э. О. Николаев // Техника и технология пищевых производств. 2017. Vol. 46. № 3. 129–134.
3. Baldanov B. B., Ranzhurov T. V., Semenov A. P., Gomboeva S. V. Cold atmospheric argon plasma jet source and its application for bacterial inactivation // Journal of Theoretical and Applied Physics. 2019. Vol. 13. 95–99. <https://doi.org/10.1007/s40094-019-0326-3>
4. Hoppanová L., Kryštofová S. Nonthermal plasma effects on fungi: Applications, fungal responses, and future perspectives // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23. № 19. 11592. <https://doi.org/10.3390/ijms231911592>
5. Veerana M., Yu N., Ketya W., Park G. Application of non-thermal plasma to fungal resources // Journal of Fungi. 2022. Vol. 8. № 2. 102. <https://doi.org/10.3390/jof8020102>
6. Противогрибковое действие холодной гелиевой плазмы на *Candida* spp. в экспериментах in vitro / Т. В. Махрова, М. И. Заславская, А. Г. Галка, А. В. Костров // Проблемы медицинской микологии. 2020. Том 22. № 2. 45–49. <https://doi.org/10.24412/1999-6780-2020-2-45-49>
7. Polčič P., Machala Z. Effects of non-thermal plasma on yeast *Saccharomyces cerevisiae* // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. № 5. 2247. <https://doi.org/10.3390/ijms22052247>
8. Otsubo Y., Yamashita A., Goto Y., Sakai K., Iida T., Yoshimura S., Johzuka K. Cellular responses to compound stress induced by atmospheric-pressure plasma in fission yeast // Journal of Cell Science. 2023. Vol. 136. № 23. <https://doi.org/10.1242/jcs.261292>
9. Dubrovin I. A., Emanuel E., Lazra Y., Cahan R. Effects of atmospheric plasma corona discharge on *Saccharomyces cerevisiae*: Viability, permeability, and morphology // Foods. 2023. Vol. 12. № 2. 381. <https://doi.org/10.3390/foods12020381>

10. Tarabová B., Tampieri F., Maran E., Marotta E., Ostrihoňová A., Krewing M., Machala Z. Chemical and antimicrobial effects of air non-thermal plasma processing of fresh apple juice with focus on safety aspects. // *Foods*. 2021. Vol. 10. № 9. 2055. <https://doi.org/10.3390/foods10092055>
11. Gan Z., Feng X., Hou Y., Sun A., Wang R. Cold plasma jet with dielectric barrier configuration: Investigating its effect on the cell membrane of *E. coli* and *S. cerevisiae* and its impact on the quality of chokeberry juice // *LWT*. 2021. Vol. 136. 110223. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110223>
12. Wolny-Koładka K., Zdaniewicz M., Bodziacki S., Terebun P., Kwiatkowski M., Zarzeczny D., Pawłat J. Effect of Non-Equilibrium Plasma on Microorganisms Colonizing Diatomaceous Earth after the Beer Filtration Process // *Applied Sciences*. 2023. Vol.13 № 7. 4081. <https://doi.org/10.3390/app13074081>
13. Микроволновый источник нетермальной плазмы при атмосферном давлении / С. А. Горбатов, И. А. Иванов, А. В. Тихонов, В. Н. Тихонов, А. Ю. Шестериков // *Приборы и техника эксперимента*. 2021. № 1. 155–156. <https://doi.org/10.31857/S0032816221010110>
14. Xu H., Zhu Y., Cui D., Du M., Wang J., Ma R., Jiao Z. Evaluating the roles of OH radicals, H₂O₂, ORP and pH in the inactivation of yeast cells on a tissue model by surface micro-discharge plasma // *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2019. Vol. 52. № 39. 395201. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab273d>
15. Guo J., Huang K., Wang X., Lyu C., Yang N., Li Y., Wang J. Inactivation of yeast on grapes by plasma-activated water and its effects on quality attributes // *Journal of Food Protection*. 2017. Vol. 80. № 2. 225–230. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-116>
16. Ma R., Feng H., Liang Y., Zhang Q., Tian Y., Su B., Zhang J., Fang J. An atmospheric-pressure cold plasma leads to apoptosis in *Saccharomyces cerevisiae* by accumulating intracellular reactive oxygen species and calcium // *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2013. Vol. 46. № 28. 285401. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/46/28/285401>
17. Čtvrtečková L., Pichová A., Scholtz V., Khun J., Julák J. Non-thermal plasma-induced apoptosis in yeast *Saccharomyces cerevisiae* // *Contributions to Plasma Physics*. 2019. Vol. 59. № 8. e201800064. <https://doi.org/10.1002/ctpp.201800064>
18. Ryu Y. H., Kim Y. H., Lee J. Y., Shim G. B., Uhm H. S., Park G., Choi E. H. Effects of background fluid on the efficiency of inactivating yeast with non-thermal atmospheric pressure plasma // *PLoS One*. 2013. Vol. 8. № 6. e66231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066231>
19. Xu H., Ma R., Zhu Y., Du M., Zhang H., Jiao Z. A systematic study of the antimicrobial mechanisms of cold atmospheric-pressure plasma for water disinfection // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 703. 134965. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134965>
20. Chen H., Bai F., Xiu Z. Oxidative stress induced in *Saccharomyces cerevisiae* exposed to dielectric barrier discharge plasma in air at atmospheric pressure. *IEEE transactions on plasma science*. 2010. Vol. 38. № 8. P. 1885–1891. <https://doi.org/10.1109/TPS.2010.2046755>

References

1. Ma R., Jiao Z. Inactivation of fungi and fungal toxins by cold plasma. *Applications of Cold Plasma in Food Safety*. 2022;113–166. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1827-7_5
2. Gomboeva SV, Badmaeva II, Baldanov BB, Ranzhurov TsV, Nikolaev EOh. Vozdeistviya nizkotemperaturnoi plazmy na produkty rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Effects of low-temperature plasma on plant products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. Food production technology and equipment*. 2017;46:3:129–134. (in Russ.).
3. Baldanov BB, Ranzhurov TV, Semenov AP, Gomboeva SV. Cold atmospheric argon plasma jet source and its application for bacterial inactivation. *Journal of Theoretical and Applied Physics*. 2019;13:95–99. <https://doi.org/10.1007/s40094-019-0326-3>
4. Hoppanová L, Kryštofová S. Nonthermal plasma effects on fungi: Applications, fungal responses, and future perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23:19:11592. <https://doi.org/10.3390/ijms231911592>
5. Veerana M, Yu N, Ketya W, Park G. Application of non-thermal plasma to fungal resources. *Journal of Fungi*. 2022;8:2:102. <https://doi.org/10.3390/jof8020102>
6. Makhrova TV, Zaslavskaya MI, Galka AG, Kostrov AV. Protivogribkovoe deistvie kholodnoi gelievoi plazmy na *Candida* spp. v eksperimentakh *in vitro* [Antifungal effect of cold helium plasma on *Candida* spp. in vitro experiments]. *Problemy meditsinskoj mikologii. Problems of Medical Mycology*. 2020;22:2:45–49. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/1999-6780-2020-2-45-49>
7. Polčič P, Machala Z. Effects of non-thermal plasma on yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22:5:2247. <https://doi.org/10.3390/ijms22052247>
8. Otsubo Y, Yamashita A, Goto Y, Sakai K, Iida T, Yoshimura S, Johzuka K. Cellular responses to compound stress induced by atmospheric-pressure plasma in fission yeast. *Journal of Cell Science*. 2023;136: № 23. <https://doi.org/10.1242/jcs.261292>

9. Dubrovin IA, Emanuel E, Lazra Y, Cahan R. Effects of atmospheric plasma corona discharge on *Saccharomyces cerevisiae*: Viability, permeability, and morphology. *Foods*. 2023;12:2:381. <https://doi.org/10.3390/foods12020381>
10. Tarabová B, Tampieri F, Maran E, Marotta E, Ostrihoňová A, Krewing M, Machala Z. Chemical and antimicrobial effects of air non-thermal plasma processing of fresh apple juice with focus on safety aspects. *Foods*. 2021;10:9:2055. <https://doi.org/10.3390/foods10092055>
11. Gan Z, Feng X, Hou Y, Sun A, Wang R. Cold plasma jet with dielectric barrier configuration: Investigating its effect on the cell membrane of *E. coli* and *S. cerevisiae* and its impact on the quality of chokeberry juice. *LWT*. 2021;136:110223. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110223>
12. Wolny-Kołodka K, Zdaniewicz M, Bodziacki S, Terebun P, Kwiatkowski M, Zarzeczny D, Pawłat J. Effect of Non-Equilibrium Plasma on Microorganisms Colonizing Diatomaceous Earth after the Beer Filtration Process. *Applied Sciences*. 2023;13: 7:4081. <https://doi.org/10.3390/app13074081>
13. Gorbato SA, Ivanov IA, Tikhonov AV, Tikhonov VN, Shesterikov AY. Mikrovolnovyi istochnik netermal'noi plazmy pri atmosfernom davlenii [Microwave source of non-thermal plasma at atmospheric pressure]. *Pribory i tekhnika eksperimenta. Instruments and experimental technique*. 2021;1:155–156. (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0032816221010110>
14. Xu H, Zhu Y, Cui D, Du M, Wang J, Ma R, Jiao Z. Evaluating the roles of OH radicals, H₂O₂, ORP and pH in the inactivation of yeast cells on a tissue model by surface micro-discharge plasma. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2019;52:39:395201. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab273d>
15. Guo J, Huang K, Wang X, Lyu C, Yang N, Li Y, Wang J. Inactivation of yeast on grapes by plasma-activated water and its effects on quality attributes. *Journal of Food Protection*. 2017;80:2:225–230. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-116>
16. Ma R, Feng H, Liang Y, Zhang Q, Tian Y, Su B, Zhang J, Fang J. An atmospheric-pressure cold plasma leads to apoptosis in *Saccharomyces cerevisiae* by accumulating intracellular reactive oxygen species and calcium. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2013;46:28:285401. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/46/28/285401>
17. Čtvrtečková L, Pichová A, Scholtz V, Khun J, Julák J. Non-thermal plasma-induced apoptosis in yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Contributions to Plasma Physics*. 2019;59:8:e201800064. <https://doi.org/10.1002/ctpp.201800064>
18. Ryu YH, Kim YH, Lee JY, Shim GB, Uhm HS, Park G, Choi EH. Effects of background fluid on the efficiency of inactivating yeast with non-thermal atmospheric pressure plasma. *PLoS One*. 2013;8:6:e66231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066231>
19. Xu H, Ma R, Zhu Y, Du M, Zhang H, Jiao Z. A systematic study of the antimicrobial mechanisms of cold atmospheric-pressure plasma for water disinfection. *Science of the Total Environment*. 2020;703:134965. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134965>
20. Chen H, Bai F, Xiu Z. Oxidative stress induced in *Saccharomyces cerevisiae* exposed to dielectric barrier discharge plasma in air at atmospheric pressure. *IEEE transactions on plasma science*. 2010;38:8:1885–1891. <https://doi.org/10.1109/TPS.2010.2046755>

Информация об авторах

Д. И. Титова – канд. биол. наук, ст. науч. сотр.;
В. А. Харламов – канд. биол. наук, и. о. зав. лабораторией;
И. М. Меджидов – аспирант, науч. сотр.

Information about the authors

D. I. Titova – Cand. Sci. Biol., Senior Researcher;
V. A. Kharlamov – Cand. Sci. Biol., Head Lab.;
I. M. Medzhidov – Graduate Student, Researcher

**Статья поступила в редакцию 09.01.2025;
одобрена после рецензирования 23.01.2025;
принята к публикации 27.01.2025**

**The article was submitted 09.01.2025;
approved after reviewing 23.01.2025;
accepted for publication 27.01.2025**

Научная статья

УДК 633.34:631.51.022:677.044.12

EDN: ECIGGT

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-22-27>

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОИ

Алина Евгеньевна Гретченко, Мария Павловна Михайлова, Анастасия Андреевна Блинова

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, polli.596@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования по влиянию ультрафиолетовой обработки на семена сои среднеспелого сорта ВНИИС 18 селекции ВНИИ сои. Обработку семян осуществляли в Объединённом институте высоких температур РАН (г. Москва) в 2024 году. Лабораторные исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений, полевые – на опытном поле ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», расположенном в южной агроклиматической зоне Амурской области (с. Садовое Тамбовского района). Целью данной работы было изучение влияния предпосевной обработки семян сои сорта ВНИИС 18 ультрафиолетовым излучением в различных экспозициях на качество семян, а также на ферментативную активность в проростках и листьях сои. В результате проведённых исследований было установлено положительное влияние ультрафиолетовой обработки на посевные качества семян: энергия прорастания и лабораторная всхожесть обработанных семян при экспозиции 5 мин. оказались выше контрольного варианта на 5 % каждая. После УФ-обработки семян сои сорта ВНИИС 18 в экспозициях 1 и 5 мин. длина 10-дневных проростков возросла на 3,8 и 4,0 см соответственно по сравнению с контролем. В проростках сои сорта ВНИИС 18 удельная активность гваякол-пероксидазы была выше контроля независимо от варианта обработки. При анализе удельной активности аскорбатоксидазы в проростках сои сорта ВНИИС 18 установлено, что УФ-обработка при экспозициях 1 и 5 мин. способствовала увеличению активности в 1,5 и 2,6 раз по сравнению с контрольным вариантом. Также было отмечено изменение количественного содержания общего белка у сои сорта ВНИИС 18 после предпосевной УФ-обработки в экспозиции 5 мин.: его содержание составило 40,37 %, что на 0,48 % превышает значение контрольного варианта.

Ключевые слова: соя, посевные качества, ферментативная активность, биохимический состав семян, УФ-обработка.

Для цитирования: Гретченко А. Е., Михайлова М. П., Блинова А. А. Применение ультрафиолетового облучения для предпосевной обработки семян сои // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 22–27. EDN: ECIGGT. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-22-27>

Original article

APPLICATION OF ULTRAVIOLET IRRADIATION FOR PRE-SOWING TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS

Alina E. Gretchenko, Maria P. Mikhailova, Anastasia A. Blinova

All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans, Blagoveshchensk, Russia, polli.596@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study on the effect of ultraviolet treatment on the seeds of the mid-season soybean variety VNIIS 18, bred by the All-Russian Research Institute of Soybeans. The seeds were treated at the Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (Moscow) in 2024. Laboratory studies were carried out in the laboratory of plant physiology and biochemistry, field studies were carried out on the experimental field of the All-Russian Research Institute of Soybeans, located in the southern agroclimatic zone of the Amur Region (Sadovoye village, Tambov district). The aim of

© Гретченко А. Е., Михайлова М. П., Блинова А. А., 2025

the work was to study the effect of pre-sowing treatment of soybean seeds of the VNIIS 18 variety with ultraviolet in various exposures on the quality of seeds and enzymatic activity in soybean sprouts and leaves. As a result of the studies, a positive effect of ultraviolet treatment on sowing qualities was established: the germination energy and laboratory germination of the treated seeds in the exposure of 5 min were each 5 % higher than the control variant. After UV treatment of soybean seeds of the VNIIS 18 variety for 1 min and 5 min, the length of 10-day-old seedlings was 3.8 and 4.0 cm higher than the control, respectively. In soybean seedlings of the VNIIS 18 variety, the specific activity of guaiacol peroxidase was higher than the control, regardless of the treatment option. When analyzing the specific activity of ascorbate oxidase in soybean seedlings of the VNIIS 18 variety, UV treatment for 1 min and 5 min contributed to an increase of 1.5 and 2.6 times compared to the control option. A change in the quantitative content of total protein in soybean of the VNIIS 18 variety was noted after pre-sowing UV treatment for 5 min, its content was 40.37 %, which is 0.48 % higher than the value of the control option.

Keywords: soybeans, sowing qualities, enzymatic activity, biochemical composition of seeds, UV treatment.

For citation: Gretchenko AE, Mikhailova MP, Blinova AA. Primenenie ul'trafiolotovogo oblucheniya dlya predposevnoi obrabotki semyan soi [Application of ultraviolet irradiation for pre-sowing treatment of soybean seeds]. *Agronauka. Agroscience*. 2025;3:1:22–27 (in Russ.). EDN: ECIGGT. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-22-27>

Введение

Соя является одной из ключевых сельскохозяйственных культур и играет важную роль в производстве растительного белка, масла и кормов для животных. Однако успешное возделывание сои во многом зависит от качества семян и их предпосевной подготовки. Предпосевная обработка семян представляет собой важный агротехнологический приём, направленный на улучшение энергии прорастания, всхожести и устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [1, 2].

Среди современных методов предпосевной обработки особое внимание уделяется физическим способам воздействия, таким как ультрафиолетовое (УФ) облучение [3]. УФ-обработка активизирует физиологические процессы в семенах, подавляет развитие патогенных микроорганизмов и повышает устойчивость растений к стрессовым факторам. Этот метод отличается экологической безопасностью и отсутствием необходимости в использовании химических препаратов, что особенно актуально в условиях современного сельского хозяйства [4].

В последние годы значительно увеличился интерес к исследованиям роли ферментов в повышении устойчивости растений к факторам окружающей среды после обработки семян физическими методами. Исследования показывают, что физические

воздействия, такие как магнитоплазменная обработка и УФ-облучение, стимулируют активность ферментов и улучшают посевные качества семян. Кроме того, такая обработка способствует снижению числа семян, поражённых болезнями, что подчёркивает её важность для повышения урожайности и здоровья культур [5–7].

Предпосевная обработка семян сои с использованием ультрафиолетового облучения набирает всё большую популярность в агрономической практике.

Актуальность исследований в этой области очевидна, поскольку применение ультрафиолетового излучения способствует стимуляции прорастания семян, увеличивая их лабораторную и полевую всхожесть.

Цель исследований – изучение влияния предпосевной ультрафиолетовой обработки на качество семян, первоначальный рост растений и ферментативную активность в проростках и листьях сои среднеспелого сорта ВНИИС 18.

Условия, материалы и методы

Совместно с Объединённым институтом высоких температур РАН в 2024 году проведено изучение воздействия ультрафиолетовой обработки в различных экспозициях на посевные качества, первоначальный рост, ферментативную активность среднеспелого сорта сои ВНИИС 18.

Объектом исследования были семена, проростки и растения сои среднеспелого сорта ВНИИС 18 селекции ВНИИ сои. Данный сорт сои обладает комплексной устойчивостью к различным неблагоприятным факторам среды: грибным и бактериальным заболеваниям, переувлажнению почвы [8].

Семена были обработаны в следующих вариантах воздействия:

- 1 – Контроль, без обработки
- 2 – УФ (экспозиция – 1 мин.)
- 3 – УФ (экспозиция – 3 мин.)
- 4 – УФ (экспозиция – 5 мин.)

В дальнейшем проводили исследование по определению энергии прорастания, лабораторной всхожести по ГОСТ 12038-84 и силы роста семян сои по ГОСТ 12040-66.

В опыте семена сои после ультрафиолетовой обработки проращивали в чашках Петри. В 5-дневных проростках и в листьях в фазу 3-го тройчатого листа определяли активность гваякол-пероксидазы и аскорбатоксидазы по методу В. В. Рогожина [9], ко-

торая выражается в единицах активности на 1 мг белка, и количество белка – методом Лоури [10], дана морфофизиологическая оценка проростков сои. Активность ферментов определяли спектрофотометрическим методом.

Определение биохимического состава соевого зерна осуществляли на инфракрасном сканере FOSS NIR Systems 5000 с программным обеспечением Vision 3.1 по ГОСТ 32749-2014, ГОСТ 32041-2012.

Результаты и обсуждение

Установлено, что независимо от варианта УФ-обработки энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян сои сорта ВНИИС 18 увеличились на 2...5 и 1...5 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом. При этом наибольшее влияние оказала предпосевная обработка семян в экспозиции 5 мин., где энергия прорастания и лабораторная всхожесть повысилась на 5 % в сравнении с контролем (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние УФ-обработки семян на посевные качества

Table 1 – Effect of UV treatment of seeds on sowing qualities

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
сорт сои ВНИИС 18		
Контроль (без обработки)	89	90
УФ (экспозиция – 1 мин.)	91	91
УФ (экспозиция – 3 мин.)	92	92
УФ (экспозиция – 5 мин.)	94	95

При воздействии УФ-обработки количество ненормально развитых проростков семян сои сорта ВНИИС 18 независимо от варианта обработки снизилось относительно контроля на 1,4...4,0 %. Наибольшее сред-

нее значение длины 10-дневных проростков сои сорта ВНИИС 18 после обработки ультрафиолетом отмечено при экспозиции 5 мин. и составило 37,4 см, что на 4 см выше контрольного варианта (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние УФ-обработки на первоначальный рост семян сои

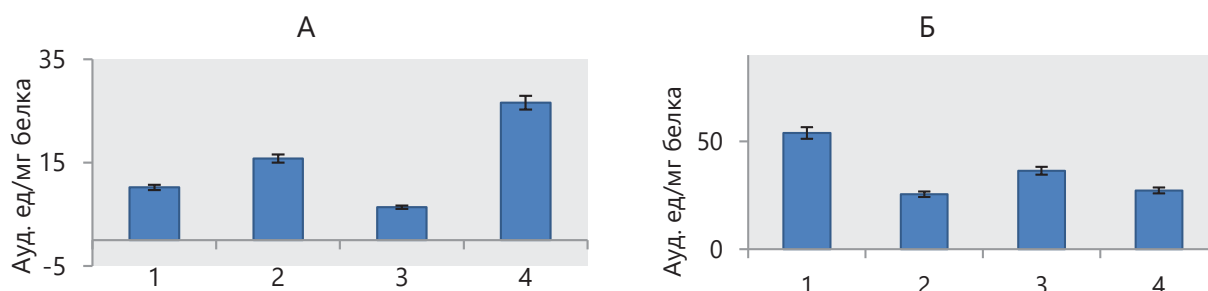
Table 2 – Effect of UV treatment on initial growth of soybean seeds

Вариант опыта	Ненормально развитые проростки, %	Длина проростка		
		среднее значение, см	размах вариации, %	коэффициент вариации, %
сорт сои ВНИИС 18				
Контроль (без обработки)	8,0	33,4	15,0	7,4
УФ (экспозиция – 1 мин.)	6,6	37,2	20,5	10,8
УФ (экспозиция – 3 мин.)	6,5	35,6	20,5	11,0
УФ (экспозиция – 5 мин.)	4,0	37,4	20,5	9,9
НСР ₀₅ , см		1,4		

При анализе удельной активности аскорбатоксидазы в проростках сои сорта ВНИИС 18 УФ-обработка в экспозиции 1 мин. и 5 мин. способствовала повышению в 1,5 и в 2,6 раза по сравнению с контрольным вариантом. В варианте с экспозицией 3

мин., удельная активность фермента снизилась относительно контроля в 1,6 раз.

В фазу 3-го тройчатого листа независимо от варианта обработки удельная активность аскорбатоксидазы была ниже контроля в 1,5...2,1 раза (рисунок 1).



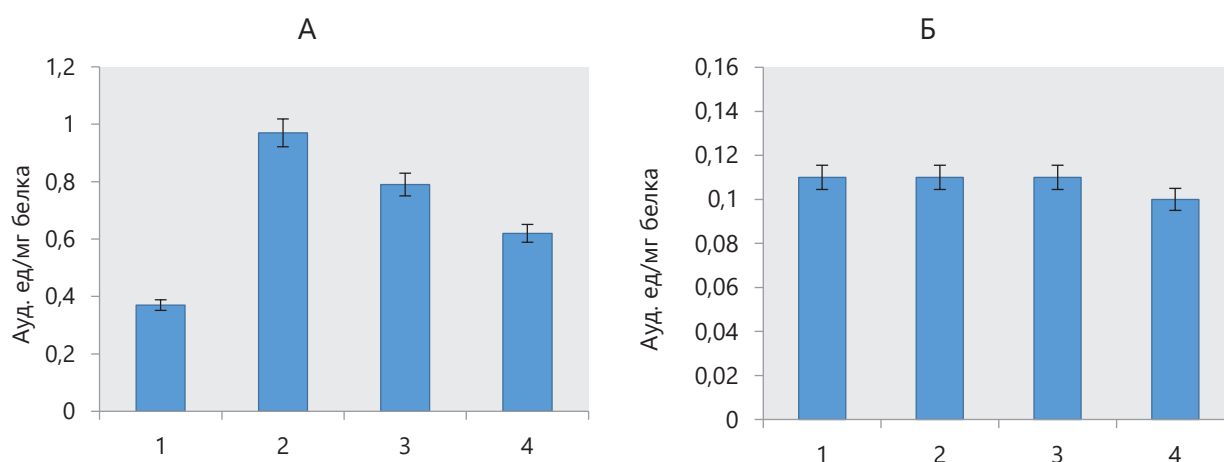
1 – контроль (без обработки); 2 – УФ-обработка семян (экспозиция – 1 мин.); 3 – УФ-обработка семян (экспозиция – 3 мин.); 4 – УФ-обработка семян (экспозиция – 5 мин.)

Рисунок 1 – Удельная активность аскорбатоксидазы проростков (А) и листьев (Б) сои сорта ВНИИС 18 под воздействием УФ-обработки

Figure 1 – Specific activity of ascorbate oxidase in seedlings (A) and leaves (B) of soybean variety VNIIS 18 under the influence of UV treatment

В проростках сои сорта ВНИИС 18 удельная активность гваякол-пероксидазы была выше контроля независимо от варианта обработки. В фазу 3-го тройчатого листа сои сорта ВНИИС 18 активность изучаемого

фермента оставалась на уровне контроля, за исключением варианта с обработкой семян в экспозиции 5 мин., где удельная активность была ниже в 1,1 раза по сравнению с контрольным вариантом (рисунок 2).



1 – контроль (без обработки); 2 – УФ-обработка семян (экспозиция – 1 мин.); 3 – УФ-обработка семян (экспозиция – 3 мин.); 4 – УФ-обработка семян (экспозиция – 5 мин.)

Рисунок 2 – Удельная активность гваякол-пероксидазы проростков (А) и листьев (Б) сои сорта ВНИИС 18 под воздействием УФ-обработки

Figure 2 – Specific activity of guaiacol peroxidase in sprouts (A) and leaves (B) of soybean variety VNIIS 18 under the influence of UV-treatment

Достоверное увеличение активности гваякол-пероксидазы в проростках изучаемого сорта сои относительно контроля может свидетельствовать о проявлении защитных реакций в неблагоприятных условиях.

В результате изучения влияния ультрафиолетовой обработки на качество семян

выявлено изменение количественного содержания общего белка. Отмечено, что в варианте УФ-обработки (экспозиция 5 мин) содержание белка у сорта сои ВНИИС 18 увеличилось на 0,48 % относительно контрольного варианта (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние УФ-обработки на биохимический состав семян сои
Table 3 – Effect of UV treatment on the biochemical composition of soybean seeds

Вариант опыта	Общий белок	Жир
сорт сои ВНИИС 18		
Контроль (без обработки)	39,89 ± 0,08	21,31 ± 0,05
УФ (экспозиция – 1 мин.)	40,05 ± 0,07	21,51 ± 0,04
УФ (экспозиция – 3 мин.)	40,10 ± 0,06	21,07 ± 0,06
УФ (экспозиция – 5 мин.)	40,37 ± 0,06	21,34 ± 0,04

Выводы

Таким образом, воздействие УФ-обработки положительно сказывалось на прорастании семян на начальных этапах онтогенеза изучаемого сорта сои. Лабораторная всхожесть семян сорта ВНИИС 18 возросла на 5 % при обработке семян с экспозицией 5 мин. Удельная активность аскорбатоксидазы и гваякол-пероксидазы изменялась под

воздействием УФ-обработки, что указывает на взаимодействие компонентов антиоксидантной системы у рассматриваемого сорта и свидетельствует о повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды. Содержание белка в семенах, обработанных ультрафиолетом в течение 5 мин., составило 40,37 %, что на 0,48 % выше, чем в контрольном варианте.

Список источников

1. Козырский В. В., Савченко В. В., Синявский А. Ю. Влияние предпосевной обработки в магнитном поле на посевные качества семян сельскохозяйственных культур // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2017. № 2 (27). С. 132–136.
2. Брагинцев А. В., Бахчевников О. Н., Хоменко П. А. Влияние предпосевной обработки семян электрофизическими и химическими способами на урожайность гороха посевного // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 4 (40). С. 8–18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14184269>
3. Страхов В. Ю., Вендин С. В., Саенко Ю. В. Предпосевная УФ-обработка семян сои: проращивание на витаминный корм // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 6. С. 46–52. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-46-52>
4. Нелюбина Ж. С., Касаткина Н. И. Влияние ультрафиолетового облучения семян многолетних трав на их посевные качества // Аграрная наука. 2021. № 9. С. 97–100. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-97-100>
5. Путько В. Ф., Федорова И. Л., Решетникова С. Н., Сергатенко С. Н. Влияние магнитоплазменной обработки на активность ферментов и прорастание *Triticum Aestivum* // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2024. № 1 (45). С. 61–71. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2024-1-6>
6. Симонова Е. Н., Кравченко Н. С. Активность ферментов в прорастающих семенах мягкой озимой пшеницы в условиях смены светового режима при УФ-облучении семян // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1 (61). С. 18–21. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-61-1-18-21>
7. Kryvokhyzha M., Libantova Y., Rashydov N. Influence of short-wavelength ultraviolet light on genes expression in arabidopsis thaliana plants // Biotechnologia Acta. 2019. Vol. 12. Issue 3. P. 57–66. <https://doi.org/10.15407/BIOTECH12.03.057>
8. Каталог сортов сои / Е. М. Фокина, Г. Н. Беляева, М. О. Синеговский, В. Т. Синеговская, О. О. Клеткина. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 69 с.

9. Рогожин В. В., Рогожина Т. В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2016. 480 с.

10. Lowry O. H., Resebrought N. J., Farr A. L., Randall R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // *Journal of Biological Chemistry*. 1951. № 1. P. 256–275. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)

References

1. Kozyrsky VV, Savchenko VV, Sinyavsky AYU. Vliyaniye predposevnoi obrabotki v magnitnom pole na posevnye kachestva semyan sel'skokhozyaystvennux kul'tur [The influence of pre-sowing treatment in a magnetic field on the sowing qualities of agricultural seeds]. *Ehlektrotekhnologii i ehlektrooborudovanie v APK. Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex*. 2017;2:27:132–136. (in Russ.).

2. Braginets AV, Bakhchevnikov ON, Khomenko PA. Vliyaniye predposevnoi obrabotki semyan elektro-fizicheskimi i himicheskimi sposobami na yrogainost' goroha posevnogo [The effect of pre-sowing seed treatment by electrophysical and chemical methods on the yield of seeded peas]. *Tavrichesky vestnik agrarnoi nauki. Tavrishesky Bulletin of Agrarian Science*. 2024;4:40:8–18. (in Russ.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14184269>

3. Strakhov VYu, Vendin SV, Saenko YuV. Predposevnaya UF-obrabotka semyan soi: prorachivanie na vitaminnui korm [Pre-sowing UV treatment of soybean seeds: germination for vitamin feed]. *Agroingeneriyay. Agroengineering*. 2023; 6:46–52. (in Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-46-52>

4. Nelyubina ZhS, Kasatkina NI. Vliyaniye yl'trafiioletovogo oblycheniyay semyan mnogoletnih trav na ih posevnye kachestva [Influence of ultraviolet irradiation of seeds of perennial grasses on their sowing qualities]. *Agrarnaya nauka. Agrarian Science*. 2021;9:97–100. (in Russ.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-97-100>

5. Putko VF, Fedorova IL, Reshetnikova SN, Sergatenko SN. Vliyaniye magnitoplazmennoi obrabotki na aktivnost' fermentov i prorastanie *Triticum Aestivum* [Influence of magnetoplasma treatment on enzyme activity and germination of *Triticum Aestivum*]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolgskii region. Estestvennue nauki. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. The Volga region. Natural sciences*. 2024;1:45:61–71. (in Russ.). <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2024-1-6>

6. Simonova EN, Kravchenko NS. Aktivnost' fermentov v prorstayushhix semenax myagkoj ozimoy pshenicy v usloviyax smeny svetovogo rezhima pri UF-obluchenii semyan [Enzyme activity in germinating seeds of soft winter wheat under conditions of changing light conditions and UV irradiation of seeds]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii. Grain farming in Russia*. 2019; 1(61):18–21. (in Russ.). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-61-1-18-21>

7. Kryvokhyzha M, Libantova Y, Rashydov N. Influence of short-wavelength ultraviolet light on genes expression in arabidopsis thaliana plants. *Biotechnologia Acta*. 2019;12:3:57–66. <https://doi.org/10.15407/BIOTECH12.03.057>

8. Fokina EM, Belyaeva GN, Sinogovskii MO, Sinogovskaya VT, Kletkina OO, Sinogovskoi VT. (eds.). *Katalog sortov soi [Catalog of soybean varieties]*. Blagoveshchensk: OOO «INK «ODEON», 2021;69 p. (in Russ.).

9. Rogozhin VV, Rogozhina TV. *Praktikum po biohimii sel'skohoziistvennoi prodczii. Uchebnoye posobiye dlya vuzov [Practical on biochemistry of agricultural products: A Textbook for universities]*. St. Petersburg: GIORД, 2016;480. (in Russ.).

10. Lowry OH, Resebrought NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*. 1951;1:256–275. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)

Информация об авторах

А. Е. Гретченко – науч. сотр.;

М. П. Михайлова – ст. науч. сотр.;

А. А. Блинова – науч. сотр., зав. лаб. биотехнологии

Information about the authors

A. E. Gretchenko – Researcher;

M. P. Mikhailova – Senior Researcher;

A. A. Blinova – Researcher, Head of the biotechnology laboratory

**Статья поступила в редакцию 16.02.2025;
одобрена после рецензирования 18.02.2025;
принята к публикации 20.02.2025**

**The article was submitted 16.02.2025;
approved after reviewing 18.02.2025;
accepted for publication 20.02.2025**

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ SELECTION, SEED FARMING AND PLANT BIOTECHNOLOGY

Научная статья

УДК 543.456; 633.34

EDN: GBDRMO

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-28-37>

[ОТОЗВАНА] ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПАРЕНХИМЫ СЕМЯН СОИ *G. SOJA* И *G. MAX*

Светлана Игоревна Лаврентьева, Любовь Егоровна Иваченко

Благовещенский государственный педагогический университет, г. Благовещенск, Россия,
iana.lavrenteva.1984@mail.ru

Статья отозвана решением редакционного совета журнала «Агронаука» от 29.06.2026, протокол № 001/РС. Основание: обстоятельства, ставящие под сомнение достоверность представленных материалов, а также признаки нарушения норм публикационной этики, связанные с корректностью указания вклада лиц, принимавших участие в исследовании, и соблюдением авторских прав.

Аннотация. В данном исследовании представлен сравнительный анализ паренхимы различных форм и сортов семян сои, происходящих из Дальневосточного региона, с применением метода лазерной сканирующей конфокальной микроскопии. Этот метод позволил выявить различия в размерах клеток паренхимы и детально прояснить распределение запасных веществ в семенах. Основной целью работы является изучение паренхимы семян сои различных филогенетических линий, собранных в Дальневосточном регионе, с использованием лазерной сканирующей конфокальной микроскопии.

Анализ размеров клеток паренхимы культурной сои, произрастающей в Дальневосточном регионе, показал закономерное увеличение размеров (с шагом приблизительно 1000 нм) в следующем порядке: КНДР < Приморский край < Хабаровский край < Амурская область. Это соотносится с продвижением ареала культуры сои от юга к северу. Сравнительный анализ размеров клеток и алейроновых зёрен запасных веществ паренхимы семян сои из различных филогенетических групп Амурской области продемонстрировал увеличение размеров клеток сои на 27,8 % и увеличение размеров алейроновых зёрен запасных веществ на 43,7 %. Наши результаты также свидетельствуют о том, что исследуемые образцы сои Дальневосточного региона существенно различаются по количеству алейроновых зёрен запасных веществ, что открывает перспективы для дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: соя (*Glycine max* (L.) Merr., *Glycine soja* Siebold & Zucc), паренхима, алейроновые зёрна, лазерная сканирующая конфокальная микроскопия.

Для цитирования: : Лаврентьева С. И., Иваченко Л. Е. Использование лазерной сканирующей конфокальной микроскопии для изучения паренхимы семян сои *G. Soja* и *G. Max* // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 28–37. EDN: GBDRMO. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-28-37>

Original article

© Лаврентьева С. И., Иваченко Л. Е., 2025

[RETRACTED] USING LASER SCANNING CONFOCAL MICROSCOPY TO STUDY THE PARENCHYMA OF G. SOJA AND G. MAX SOYBEAN SEEDS**Svetlana I. Lavrentieva, Lyubov E. Ivachenko**

Blagoveshchensk State Pedagogical University, Blagoveshchensk, Russia, lana.lavrenteva.1984@mail.ru

The article was retracted by the decision of the Editorial Council of the journal "Agronauka" dated June 29, 2026, Minutes No. 001/RS. Reason for retraction: circumstances that cast doubt on the reliability of the materials presented in the article, as well as signs of violation of publication ethics related to the correct attribution of contributions of persons involved in the research and compliance with copyright.

Abstract. This study presents a comparative analysis of the parenchyma of different forms and varieties of soybean seeds originating from the Far East region using the laser scanning confocal microscopy method. This method allowed us to identify differences in the sizes of parenchyma cells and clarify in detail the distribution of reserve substances in seeds. The main objective of the work is to study the parenchyma of soybean seeds of different phylogenetic lines collected in the Far East region using laser scanning confocal microscopy.

Analysis of the sizes of parenchyma cells of cultivated soybean growing in the Far East region showed a regular increase in size (with a step of approximately 1000 nm) in the following order: DPRK < Primorsky Krai < Khabarovsk Krai < Amur Oblast. This is consistent with the advancement of the soybean crop range from south to north. Comparative analysis of the sizes of cells and aleurone grains of storage substances of soybean seed parenchyma from different phylogenetic groups of the Amur Region demonstrated an increase in the size of soybean cells by 27.8 % and an increase in the size of aleurone grains of storage substances by 43.7 %. Our results also indicate that the studied soybean samples of the Far Eastern region differ significantly in the number of aleurone grains of storage substances, which opens up prospects for further research in this area.

Keywords: soybean (*Glycine max* (L.) Merr., *Glycine soja* Siebold & Zucc), parenchyma, aleurone grains, laser scanning confocal microscopy.

For citation: Lavrentyeva SI, Ivachenko LE. Ispol'zovanie lazernoi skaniruyushchei konfokal'noi mikroskopii dlya izucheniya parenkhimy semyan soi *G. Soja* i *G. Max* [Using laser scanning confocal microscopy to study the parenchyma of soybean seeds *G. Soja* and *G. Max*]. *Agronauka. Agroscience*. 2025;3:1: 28–37 (in Russ.). EDN: GBDRMO. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-28-37>

Введение

Род *Glycine*, который включает соевую культуру, относится к семейству бобовых (*Fabaceae*) и делится на два подрода: *Soja* и *Glycine*. В рамках этого рода насчитывается 18 травянистых многолетних видов, имеющих австралийский центр происхождения, и однолетние виды, которые считаются выходцами из Юго-Восточной Азии, в частности, из Китая [1]. Первичным генетическим центром дикорастущей уссурийской сои, известной как *G. soja* Sieb. & Zucc., считаются Северный Китай, остров Тайвань, полуостров Корея и Дальний Восток России [2]. Исходные формы всех возделываемых сортов сои происходят из Юго-Восточной Азии, включая Китайско-Японский центр, и уже более 5000 лет активно используются в пищевых целях [3].

Соя занимает важное место в мировом производстве масличных культур, составляя 53 % от общего объема. Она весьма востребована в системах сельскохозяйственного производства таких крупных стран, как США, Китай, Бразилия, Аргентина и Индия [4]. На Дальнем Востоке соя также пользуется большой популярностью. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2023 год, Амурская область является лидером по производству сои в данном регионе, где под посевы этой культуры отведено 854 тыс. га [5].

Соя является основным источником масла и растительного белка с полным набором незаменимых аминокислот, углеводов, витаминов, микроэлементов, изофлавонов, фосфолипидов [6]. Запасные белки растений обычно встречаются в виде алей-

роновых зёрен (белковых телец), которые имеют разную форму и размеры (от 0,2 до 20 мкм) и представляют собой многочисленные мелкие высохшие вакуоли, заполненные белками, находящимися в аморфной и кристаллической формах [7].

В настоящее время в фундаментальных и прикладных научных исследованиях клеточной биологии важное место заняла лазерная сканирующая конфокальная микроскопия [8]. Микроскопические изображения успешно используются для визуализации расположения химических веществ в органах и тканях различных растений [9]. Микроскопические исследования сои на основе аутофлуоресценции используются для визуализации анатомических особенностей, таких как трёхмерная (3D) внутренняя структура семени сои [10, 11]. Хотя различные методы микроскопии являются обычным явлением при изучении семян сои, большинство этих подходов фокусируются только на оптической микроскопии, специфическом окрашивании белков или полисахаридов и анализе сигналов специфических антител с флуоресцентной меткой [12, 13]. Метод аутофлуоресценции недооценён и может предоставить достаточно большой объём информации без сложной пробоподготовки.

Цель исследований – изучение паренхимы семян сои различного филогенетического происхождения, собранных в Дальневосточном регионе, с использованием метода лазерной сканирующей конфокальной микроскопии.

Условия, материалы и методы

Объектом исследования были семена 18 сортов сои, дальневосточной селекции. В их числе амурские сорта – Алёна, Китросса, Соната, Гармония и Лидия, селекции Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои». Также в исследование были включены сорта сои Марината, Батя, ВА3-100, Иван Караманов и Салтус, которые относятся к хабаровской селекции и производятся Дальневосточным научно-исследовательским институтом

сельского хозяйства, который является частью Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения РАН. Мы также исследовали сорта сои приморской селекции, такие как Приморская 96, Муссон, Приморская 4, Приморская 86 и Сфера, которые разработаны в Федеральном научном центре агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки. Кроме того, в работу были включены чёрные,



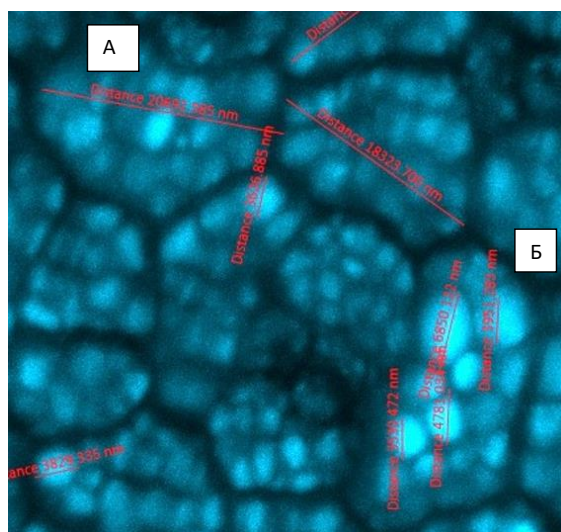
1 – Амурская область, 2 – Хабаровский край, 3 – Приморский край, 4 – КНДР

Рисунок 1 – Карта Юго-Восточной Азии произрастания сои с указанием мест получения образцов для исследования

Figure 1 – Map of Southeast Asia soybean growing areas with locations of samples obtained for research

жёлтые и зелёные семена, поступившие из КНДР, а также четыре формы дикой сои: КЗ-6337, КБл-29 и КА-1413 из Амурской области и 1 форма дикой сои из Хабаровского края (рисунке 1).

Сухие, необработанные семена сои использовали для лазерной сканирующей конфокальной микроскопии. Исследования были проведены в инженерной школе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный



Красным обозначены размеры клеток (А) и размеры алейроновых зёрен (Б), нм

Рисунок 2 – Полутонкие поперечные срезы семядолей семян сои формы КА-1413 при объединённом спектре с излучением в диапазоне 400...700 нм

Figure 2 – Semi-thin cross-sections of cotyledons of soybean seeds of form KA-1413 with a combined spectrum with radiation in the range of 400...700 nm

Полученные экспериментальные данные были обработаны с помощью программного обеспечения Statistica 10, графическое представление данных – Excel (2010). Результаты выражали как среднее ($n = 10$) $\pm$ стандартное отклонение, различия считали статистически значимыми при $p \leq 1,0$.

Результаты и обсуждение

Спектральная лазерная сканирующая конфокальная микроскопия применима для решения широкого круга задач биофизики, молекулярной и клеточной биологии, включая изучение механизмов клеточного транспорта, внутриклеточной локализации и механизмов действия биологических молекул, а также для исследований, проводимых на срезах тканей [14].

Семя доли сои характеризуются относительной однородностью клеток и являются хорошей модельной системой для изучения их морфологии, состава запасных веществ, разнообразных соединений и биохимических процессов [15].

Результаты исследований образцов паренхимы семян сои под конфокальным лазерным микроскопом представлены на рисунках 3–6.

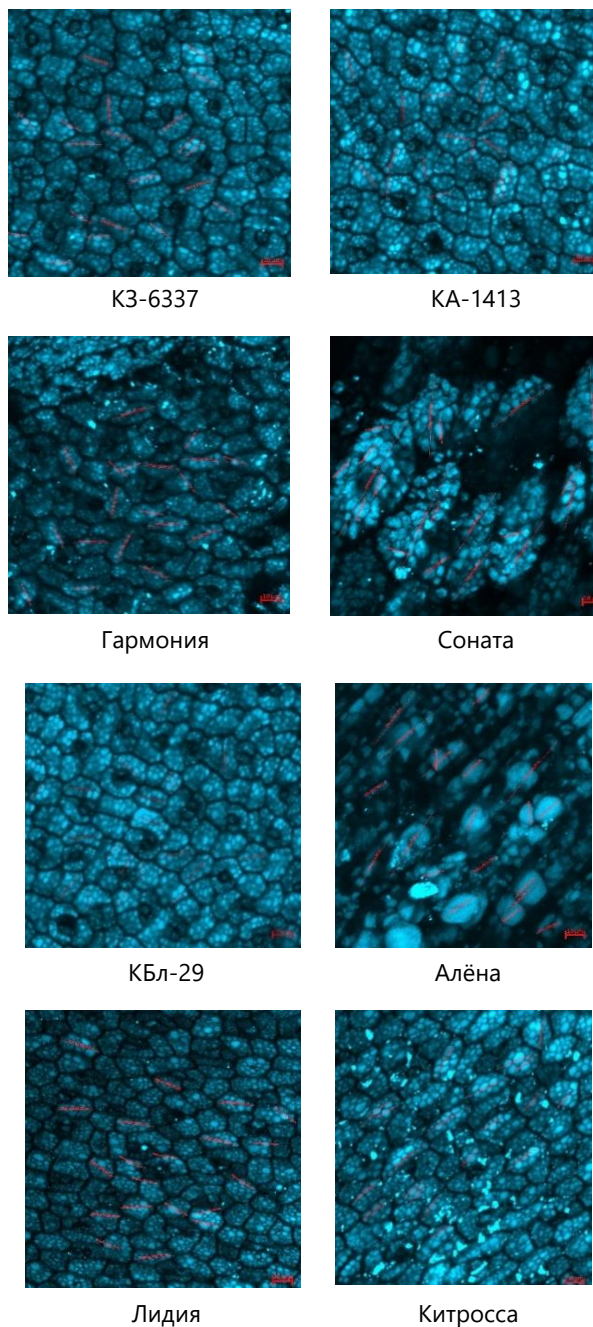


Рисунок 3 – Полутонкие поперечные срезы семядолей семян сои (Амурская область) при объединённом спектре с излучением в диапазоне 400...700 нм.

Figure 3 – Semi-thin cross-sections of soybean seed cotyledons (Amur Region) with a combined spectrum with radiation in the range of 400...700 nm.

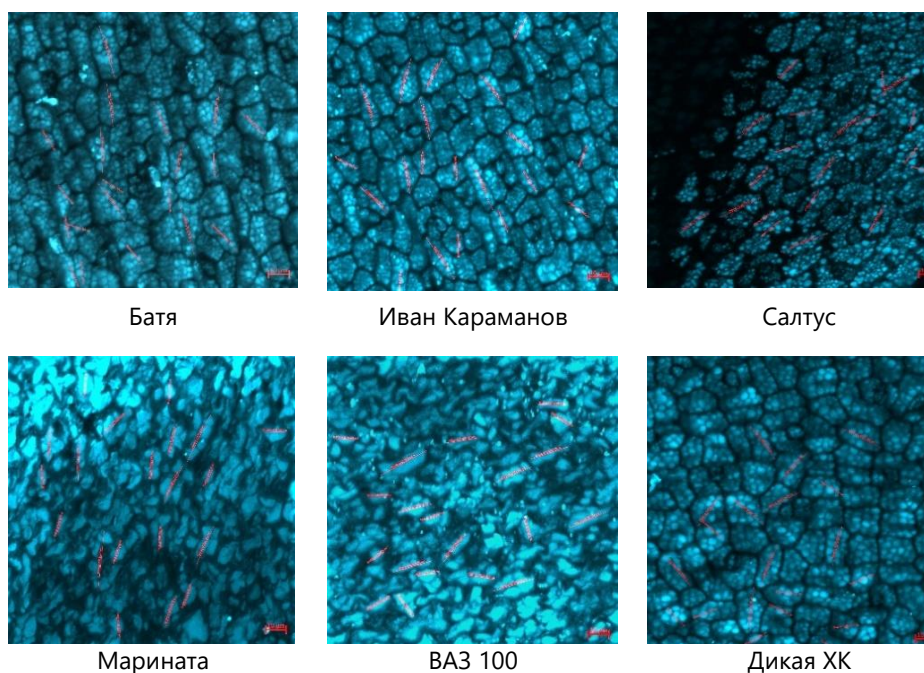


Рисунок 4 – Полутонкие поперечные срезы семядолей семян сои (Хабаровский край) при объединённом спектре с излучением в диапазоне 400...700 нм

Figure 4 – Semi-thin cross-sections of soybean seed cotyledons (Khabarovsk Krai) with a combined spectrum with radiation in the range of 400...700 nm

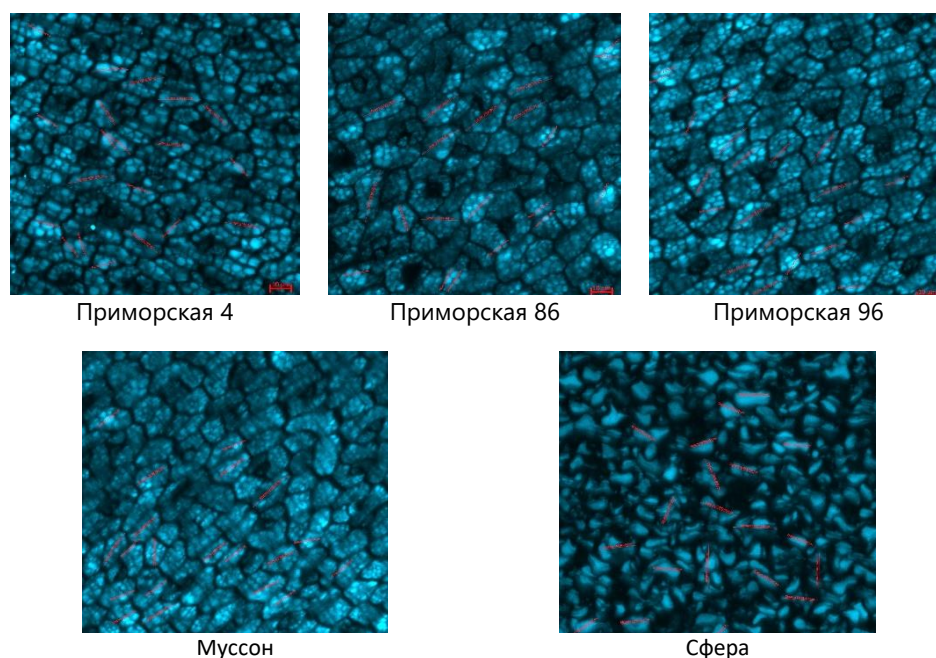
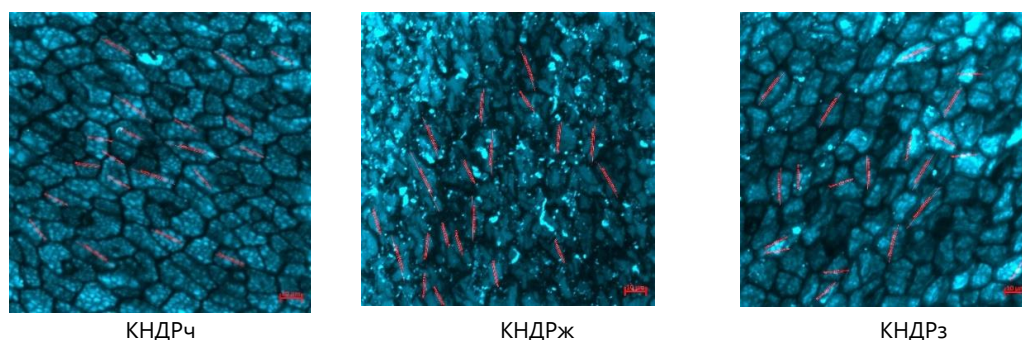


Рисунок 5 – Полутонкие поперечные срезы семядолей семян сои (Приморский край) при объединённом спектре с излучением в диапазоне 400...700 нм

Figure 5 – Semi-thin cross-sections of soybean seed cotyledons (Primorsky Krai) with a combined spectrum with radiation in the range of 400...700 nm



**Рисунок 6 – Полутонкие поперечные срезы
семядолей семян сои (КНДР) при объединённом спектре с излучением в диапазоне 400...700 нм**

**Figure 6 – Semi-thin cross-sections of soybean
seed cotyledons (DPRK) with a combined spectrum with radiation in the range of 400...700 nm**

Микроскопическое исследование срезов семян семядолей сои с помощью автофлуоресценции показало наличие флуоресцентных веществ в семенах.

Анализ размеров клеток паренхимы культурной сои различного эко-географического происхождения выявил закономерное повышение (шаг ≈ 1000 нм) в следующем ряду: КНДР < Приморский край < Хабаровский край < Амурская область – что соотносится с продвижением ареала куль-

туры сои с юга на север (таблица 1). Следует отметить, значительное повышение размера клеток паренхимы семян сои Амурской области по отношению к семенам сои Хабаровского края (22 %). Размеры алейроновых зёрен запасных веществ в семенах культурных сортов сои повышались в ряду: КНДР < Хабаровский край < Приморский край < Амурская область. Заметим, что шаг составил ≈ 1000 нм, за исключением Хабаровского и Приморского краёв, где шаг – 190,6 нм.

Таблица 1 – Размеры клеток и алейроновых зёрен запасных веществ паренхимы культурной сои Дальневосточного региона, нм

Table 1 – Sizes of cells and aleurone grains of reserve substances of parenchyma of cultivated soybeans of the Far Eastern region, nm

Название сорта сои	Размер клеток паренхимы семян сои, нм	Размеры алейроновых зёрен, нм
<i>Амурская область</i>		
Алена	$31440,6 \pm 3163,8$	$11472,9 \pm 1835,6^*$
Китросса	$22993,8 \pm 3031,6$	$4758,7 \pm 311,9$
Соната	$46589,9 \pm 8706,1^*$	$7907,7 \pm 1660,4^*$
Гармония	$21422,8 \pm 1060,7$	$3075,3 \pm 327,6^*$
Лидия	$17609,4 \pm 2226,3$	$3311,7 \pm 296,5$
Среднее значение	28011,3	6105,3
<i>Хабаровский край</i>		
Марината	$21987,9 \pm 7602,2^*$	$7968,3 \pm 1066,3^*$
Батя	$23681,5 \pm 4559,1^*$	$2845,6 \pm 171,8$
ВАЗ 100	$19488,7 \pm 3206,6^*$	$9666,0 \pm 966,3$
Иван Караманов	$22640,1 \pm 1807,7$	$2901,0 \pm 230,8$
Салтус	$21610,2 \pm 2086,5$	$3113,6 \pm 215,2$
Среднее значение	21881,7	5298,9
<i>Приморский край</i>		
Муссон	$18053,9 \pm 851,4$	$4116,9 \pm 943,1^*$
Приморская 96	$21887,6 \pm 744,5$	$5153,6 \pm 170,7$

Окончание таблицы 1

Приморская 4	19352,0 ± 1010,4	4852,2 ± 747,4*
Приморская 86	26160,4 ± 2027,9	3778,4 ± 234,1
Сфера	15658,1 ± 713,6	9546,3 ± 373,1
Среднее значение	20222,4	5489,5
<i>КНДР</i>		
КНДРч	18412,5 ± 1066,0	2651,3 ± 180,3
КНДРж	19917,0 ± 2857,8	8392,7 ± 675,7
КНДРз	19091,6 ± 977,8	2436,8 ± 190,7
Среднее значение	19140,4	4493,6

*Различия статистической достоверности ($p \leq 1,0$)

Максимальный размер клеток паренхимы семян сортов сои Амурской области выявлен для сорта сои Соната и Алёна, что в 3 и 2 раза соответственно превосходит размер клеток, установленный для сорта сои Лидия. Сходная зависимость для этих сортов установлена и по размерам алейроновых зёрен запасных веществ. Для семян сои, полученных из других Дальневосточных регионов, установлен высокий показатель по размеру клеток паренхимы для сорта Приморская 86 из Приморского края, а по размерам алейроновых зёрен запасных веществ выделились сорта ВАЗ 100 из Хабаровского края и Сфера из Приморского края. Следует также отметить незначительную разницу в размерах семян сои, полученных из КНДР. Причём повышенными размерами алейроновых зёрен запасных веществ в этом регионе выделился сорт с жёлтыми семенами.

Изучение размеров клеток и алейроновых зёрен запасных веществ паренхимы форм дикой сои выявило незначительные различия по исследуемым показателям и привело к вышеизложенным закономерностям по культурной сое: повышение в ряду Хабаровский край < Амурская область (таблица 2). Отметим, что повышение размера клеток паренхимы дикой сои составило 18,8 %, а размеров алейроновых зёрен запасных веществ – 35,5 %.

Сравнительный анализ размеров клеток и алейроновых зёрен запасных веществ паренхимы семян сои различного филогенетического происхождения Амурской области позволил установить в культурной сое повышение размеров клеток сои на 27,8 %, повышение размеров алейроновых зёрен запасных веществ на 43,7 % по сравнению с формами дикой сои.

Таблица 2 – Размеры клеток и алейроновых зёрен запасных веществ паренхимы дикой сои Дальневосточного региона, нм

Table 2 – Sizes of cells and aleurone grains of reserve substances of the parenchyma of wild soybeans of the Far Eastern region, nm

Форма дикой сои	Размер клеток паренхимы дикой сои, нм	Размеры алейроновых зёрен, нм
<i>Амурская область</i>		
КБл-29	19190,1 ± 2377,0	4182,0 ± 159,4
КА-1413	19201,5 ± 723,4	4370,2 ± 238,5
КЗ-6337	20868,8 ± 988,3	3566,6 ± 266,3
Среднее значение	24914,6	5330,6
<i>Хабаровский край</i>		
Дикая соя ХК	20225,2 ± 3219,1*	3440,1 ± 600,1*

*Различия статистической достоверности ($p \leq 1,0$)

Выводы

Исследование автофлуоресценции с применением лазерной сканирующей кон-

фокальной микроскопии позволило выявить присутствие и локализацию флуоресцентных веществ в растительных тканях,

что дало возможность установить размеры клеток паренхимы семядолей сортов сои различного филогенетического происхождения в Дальневосточном регионе, а также размеры алейроновых зёрен, содержащих запасные вещества.

Полученные данные показали, что размеры клеток паренхимы культуры сои в Дальневосточном регионе увеличиваются (шаг ≈ 1000 нм) в следующем порядке: КНДР < Приморский край < Хабаровский край < Амурская область. Это явление соотносится с продвижением ареала возделываемой сои с юга на север. Проведённый сравнительный анализ размеров клеток и алейроновых зёрен запасных веществ паренхимы семян сои различных филогенетических групп Амурской области установил, что в культур-

ной сое размеры клеток увеличиваются на 27,8 %, а размеры алейроновых зёрен – на 43,7 %.

Кроме того, наши результаты продемонстрировали значительные различия в количестве алейроновых зёрен запасных веществ среди исследуемых образцов семян сортов сои, произрастающих в Дальневосточном регионе.

Таким образом, предложенный метод представляет собой эффективный инструмент для получения предварительных данных и анализа большого количества сортов. Применение данного подхода экономит время, ресурсы и реагенты, что способствует повышению уровня исследований в лабораториях, не располагающих более сложным оборудованием.

Список источников

1. Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1926. Т. 16. № 2. С. 248.
2. Козак М. Ф. Вопросы эволюционной морфологии и цитогенетики сои: монография. Астрахань: Астраханский университет, 2004. 160 с.
3. Dixit A. K., Antony J., Sharma N. K., Tiwari R. K. Soybean constituents and their functional benefits / Opportunity, Challenge and Scope of Natural Products in Medicinal Chemistry. 2011. Pp. 367–384. ISBN: 978-81-308-0448-4.
4. Pratap A., Gupta S. K., Kumar J., Solanki R. Soybean. Technological Innovations in Major World Oil Crops. Springer: New York, NY, USA, 2012. Vol. 1. Pp. 293–321. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0356-2_12
5. Панфилов А. А., Мальцев Е. А., Лисичкин Н. С., Мозгова Е. К., Сорокина М. В. Производство сои в Российской Федерации // Научный журнал молодых учёных. 2024. № 5 (40). С. 32–37. <https://sciup.org/147244774>
6. Лаврентьева С. И., Иваченко Л. Е. Биохимический состав семян сои Дальневосточного региона // Вестник КрасГАУ. 2024. № 1. С. 47–55.
7. Полонский В. И. Ботаника с основами физиологии растений. Анатомо-морфологические и физиологические особенности растений [Электронный ресурс]: учебное пособие. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2022. Ч. 1. 366 с.
8. Волков И. А., Фриго Н. В., Знаменская Л. Ф., Катунина О. Р. Применение конфокальной лазерной сканирующей микроскопии в биологии и медицине // Вестник дерматологии и венерологии. 2014. Т. 1. С. 17–24.
9. Razgonova M., Zinchenko Y., Pikula K., Tekutyeva L., Son O., Zakharenko A., Kalenik T., Golokhvast K. Spatial Distribution of Polyphenolic Compounds in Corn Grains (*Zeamays L. var. Pioneer*) Studied by Laser Confocal Microscopy and High-Resolution Mass Spectrometry // Plants. 2022. Vol. 11. Issue 5. С. 630. <https://doi.org/10.3390/plants11050630>
10. Pegg T. J., Gladish D. K., Baker R. L. Algae to angiosperms: Autofluorescence for rapid visualization of plant anatomy among diverse taxa // Applications in Plant Sciences. 2021. Vol. 9. Issue 6. e11437. <https://doi.org/10.1002/aps3.11437>
11. Razgonova M. P., Zinchenko Y. N., Kozak D. K., Kuznetsova V. A., Zakharenko A. M., Ercisli S., Golokhvast K. S. Autofluorescence-Based Investigation of Spatial Distribution of Phenolic Compounds in Soybeans Using Confocal Laser Microscopy and a High-Resolution Mass Spectrometric Approach // Molecules. 2022. Vol. 27. Issue 73. P. 8228. <https://doi.org/10.3390/molecules27238228>
12. Wang Z., Amirkhani M., Avelar S. A. G., Yang D., Taylor A. G. Systemic Uptake of Fluorescent Tracers by Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Seed and Seedlings // Agriculture. 2020. Vol. 10. Issue 6. P. 248. <https://doi.org/10.3390/ag10060248>

doi.org/10.3390/agriculture10060248

13. Krishnan H. B., Jurkevich A. Confocal Fluorescence Microscopy Investigation for the Existence of Subdomains within Protein Storage Vacuoles in Soybean Cotyledons // *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23. Issue 7. P. 3664. <https://doi.org/10.3390/ijms23073664>

14. Феофанов А. В. Спектральная лазерная сканирующая Конфокальная микроскопия в биологических исследованиях // *Успехи биологической химии*, 2007. Т. 47. С. 371–410.

15. Хомяк А. В., Задворнова Ю. В., Егорова В. П. Исследование особенностей программируемой клеточной смерти при старении семядолей развивающихся проростков сои (*Glycine max* L.) // Материалы Международной научной конференции молодых учёных: в 4-х частях. Национальная академия наук Беларуси. Совет молодых ученых НАН Беларуси. Международная научная конференция молодых учёных «Молодёжь в науке – 2007», Минск, 23–26 октября 2007 года. 2008. Часть 1. С. 288–292.

References

1. Vavilov NI. Tsentry proiskhozhdeniya kul'turnykh rastenii [Centers of origin of cultivated plants.]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. Works on applied botany, genetics and breeding*. 1926;16:2:248. (in Russ.).

2. Kozak MF. *Voprosy evolyutsionnoi morfologii i tsitogenetiki soi: monografiya [Issues of evolutionary morphology and cytogenetics of soybeans: monograph.]*. Astrakhan: Astrakhan University, 2004;160 p. (in Russ.).

3. Dixit AK, Antony J, Sharma NK, Tiwari RK. *Soybean constituents and their functional benefits. Opportunity, Challenge and Scope of Natural Products in Medicinal Chemistry*. 2011. Pp. 367–384. ISBN: 978-81-308-0448-4.

4. Pratap A, Gupta SK, Kumar J, Solanki R. Soybean. *Technological Innovations in Major World Oil Crops*. Springer: New York, NY, USA. 2012;1:293–321. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0356-2_12

5. Panfilov AA, Maltsev EA, Lisichkin NS, Mozgova EK, Sorokina MV. Proizvodstvo soi v Rossiiskoi Federatsii [Soybean production in the Russian Federation]. *Nauchnyi zhurnal molodykh uchenykh. Scientific journal of young scientists*. 2024;5:40:32–37. (in Russ.). <https://sciup.org/147244774>

6. Lavrenteva SI, Ivachenko LE. Biokhimicheskii sostav semyan soi Dal'nevostochnogo regiona [Biochemical composition of soybean seeds of the Far Eastern region]. *Vestnik KrasGAU. Bulletin of KrasSAU*. 2024;1:47–55. (in Russ.).

7. Polonsky VI. *Botanika s osnovami fiziologii rastenii. Anatomico-morfologicheskie i fiziologicheskie osobennosti rastenii [Botany with the Basics of Plant Physiology. Anatomical, Morphological, and Physiological Features of Plants]: a tutorial*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2022;1:366 p. (in Russ.).

8. Volkov IA, Frigo NV, Znamenskaya LF, Katunina OR. Primenenie konfokal'noi lazernoi skaniruyushchei mikroskopii v biologii i meditsine [Application of confocal laser scanning microscopy in biology and medicine]. *Vestnik dermatologii i venerologii. Bulletin of Dermatology and Venereology*. 2014;1:17–24. (in Russ.).

9. Razgonova M, Zinchenko Y, Pikula K, Tekutyeva L, Son O, Zakharenko A, Kalenik T, Golokhvast K. Spatial Distribution of Polyphenolic Compounds in Corn Grains (Zeamays L. var. Pioneer) Studied by Laser Confocal Microscopy and High-Resolution Mass Spectrometry. *Plants*. 2022;11:5:630. <https://doi.org/10.3390/plants11050630>

10. Pegg TJ, Gladish DK, Baker RL. Algae to angiosperms: Autofluorescence for rapid visualization of plant anatomy among diverse taxa. *Applications in Plant Sciences*. 2021;9:6:e11437. <https://doi.org/10.1002/aps3.11437>

11. Razgonova MP, Zinchenko YN, Kozak DK, Kuznetsova VA, Zakharenko AM, Ercisli S, Golokhvast KS. Autofluorescence-Based Investigation of Spatial Distribution of Phenolic Compounds in Soybeans Using Confocal Laser Microscopy and a High-Resolution Mass Spectrometric Approach. *Molecules*. 2022;27:73:8228. <https://doi.org/10.3390/molecules27238228>

12. Wang Z, Amirkhani M, Avelar SAG, Yang D, Taylor AG. Systemic Uptake of Fluorescent Tracers by Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Seed and Seedlings. *Agriculture*. 2020;10:6:248. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060248>

13. Krishnan HB, Jurkevich A. Confocal Fluorescence Microscopy Investigation for the Existence of Subdomains within Protein Storage Vacuoles in Soybean Cotyledons. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23:7:3664. <https://doi.org/10.3390/ijms23073664>

14. Feofanov AV. Spektral'naya lazernaya skaniruyushchaya Konfokal'naya mikroskopiya v biologicheskikh issledovaniyakh [Spectral laser scanning confocal microscopy in biological research]. *Uspekhi biologicheskoi khimii. Uspekhi biological chemistry*. 2007;47:371–410. (in Russ.).

15. Khomyak AV, Zadvornova YuV, Egorova VP. Issledovanie osobennostei programiruemoi kletochnoi smerti pri starenii semyadolei razvivayushchikhsya prorostkov soi (*Glycine max* L.) [Study of features of

programmed cell death during aging of cotyledons of developing soybean seedlings (*Glycine max* L.)). *Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh: v 4-kh chastyakh. Natsional'naya akademiya nauk Belarusi. Sovet molodykh uchenykh NAN Belarusi. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchenykh «Molodezh' v nauke – 2007»*. *Proceedings of the International Scientific Conference of Young Scientists: in 4 parts. National Academy of Sciences of Belarus. Council of Young Scientists of the NAS of Belarus. International Scientific Conference of Young Scientists "Youth in Science - 2007"*. Minsk, 23–26 October 2007. 2008;1:288–292. (in Russ.).

Информация об авторах

С. И. Лаврентьева – канд. биол. наук;
Л. Е. Иваченко – д-р биол. наук, профессор кафедры химии

Information about the authors

S. I. Lavrentyeva – PhD in Biological Sciences;
L. E. Ivachenko – Doctor of Biol. Sci., Professor of the Department of Chemistry

**Статья поступила в редакцию 17.02.2025;
одобрена после рецензирования 25.02.2025;
принята к публикации 26.02.2025**

**The article was submitted 17.02.2025;
approved after reviewing 25.02.2025;
accepted for publication 26.02.2025**

**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ,
ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ**

**AGROCHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**

Научная статья

УДК: 632.4
EDN: MYSBTX
<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-38-50>

**ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОМАТА К КОМПЛЕКСУ ПАТОГЕНОВ И ПОИСК
ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Елена Владимировна Стручалина, Любовь Михайловна Соколова

¹ ООО «Селекционно-семеноводческий центр «Росток», Волгоградская область, город Волгоград, Россия, sev@agrosemcenter.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, д. Верея, Россия, lsokolova74@mail.ru

Вклад авторов:

Стручалина Е. В., Соколова Л. М. – анализ полученных результатов, подготовка черновика рукописи. Соколова Л. М. – научное руководство исследованием. Стручалина Е. В., Соколова Л. М. – проведение лабораторной оценки. Стручалина Е. В. – работа с литературой, подготовка материалов для статьи. Стручалина Е. В. – статистическая обработка данных.

Аннотация. Томат – это овощная культура, которая возделывается по всему миру. В 2024 году посевные площади томатов открытого грунта в России в хозяйствах всех категорий составили 78,9 тыс. га, а валовые сборы томатов достигли 2 048,8 тыс. т. В условиях закрытого грунта было собрано 0,98 млн т. Томат подвержен воздействию многочисленных вредоносных организмов. Их влияние проявляется в снижении урожайности, плесневении плодов и семян, а также в загрязнении сельскохозяйственной продукции метаболитами различных грибов, которые могут быть фитомикотоксинами и аллергенами. Трахеомикозное увядание томата приводит к значительным потерям урожая – от 40 до 60 %. Знание наиболее вредоносных патогенов в условиях юга России позволит расширить генетический потенциал районированных сортов томата, благодаря идентификации новых источников генетической устойчивости. В связи с этим необходима активная работа по поиску источников устойчивости к заболеваниям среди рода *Lycopersicon Tourn.* Важной задачей является оценка толерантности исходного материала томата в условиях Волгоградской области с целью отбора устойчивых сортообразцов для последующей селекции. Также необходимо выявить комплекс патогенов, поражающих томат как в открытом, так и в закрытом грунте. Для получения генотипов, высокоустойчивых к болезням, особенно важно иметь современные сведения о разнообразии патогенов, их морфологических, генетических и физиологических особенностях, специфичных для той зоны, где они выращиваются. В результате за два года исследований (2022–2023) проведена оценка толерантности исходного материала томата. Выявлены толерантные сортообразцы томата Максифорт, Мей Шуай F1, Фейрреро F1, Бьюфорт F1, DR 1041 TX, Тореро F1, Экифорт F1, Пинк Айди F1, которые могут служить донорами устойчивости для дальнейшей селекционной работы. В результате фитопатологического мониторинга посадок томата в открытом и закрытом грунте выявлены грибные и вирусные болезни *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Erysiphe communis f. solani-lycopersic*, *Phytophthora sp* и *BTM*.

Ключевые слова: томат, толерантность, генотипы, *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Erysiphe communis f. solani-lycopersic*, *Phytophthora sp.* и *BTM*.

© Стручалина Е. В., Соколова Л. М., 2025

Для цитирования: Стручалина Е. В., Соколова Л. М. Оценка исходного материала томата к комплексу патогенов и поиск источников устойчивости для селекции в Волгоградской области // Агро-наука. 2025. Том 3. № 1. С. 38–50. EDN: MYSBTX. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-38-50>

Original article

EVALUATION OF TOMATO SOURCE MATERIAL TO A COMPLEX OF PATHOGENS AND SEARCH FOR SOURCES OF RESISTANCE FOR BREEDING IN THE VOLGOGRAD REGION

Elena V. Struchalina, Lyubov M. Sokolova

¹ ООО "Selection and Seed Growing Center "Rostok", Volgograd Region, Volgograd, Russia, sev@agrosemcenter.ru

² All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing". Moscow Region, Vereya, Russia, lsokolova74@mail.ru

Abstract. Tomato is a vegetable crop that is grown all over the world. In 2024, the area under open-ground tomatoes in Russia in farms of all categories amounted to 78.9 thousand hectares, and the gross tomato yield reached 2,048.8 thousand tons. In closed ground conditions, 0.98 million tons were collected. Tomato is susceptible to the influence of numerous harmful organisms. Their influence is manifested in a decrease in yield, molding of fruits and seeds, as well as in contamination of agricultural products with metabolites of various fungi, which can be phytomycotoxins and allergens. Tracheomycotic wilt of tomato leads to significant yield losses – from 40 to 60 %. Knowledge of the most harmful pathogens in the conditions of the south of Russia will expand the genetic potential of zoned tomato varieties, due to the identification of new sources of genetic resistance. In this regard, active work is needed to search for sources of resistance to diseases among the genus *Lycopersicon* Tourn. An important task is to assess the tolerance of the original tomato material in the conditions of the Volgograd region in order to select resistant varieties for subsequent selection. It is also necessary to identify a complex of pathogens that affect tomatoes both in open and closed ground. To obtain genotypes that are highly resistant to diseases, it is especially important to have up-to-date information on the diversity of pathogens, their morphological, genetic and physiological characteristics specific to the zone where they are grown. As a result, over two years of research in 2022–2023, an assessment of the tolerance of the original tomato material was carried out. Tolerant tomato varieties Maxifort, Mei Shuai F1, Feirero F1, Beaufort F1, DR 1041 TX, Torero F1, Equifort F1, Pink ID F1 were identified, which can serve as donors of resistance for further selection work. As a result of phytopathological monitoring of tomato plantings in open and closed ground, fungal and viral diseases *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Erysiphe communis* f. *solani-lycopersic*, *Phytophthora* sp. and TMV were identified.

Keywords: tomato, tolerance, genotypes, *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Erysiphe communis* f. *solani-lycopersic*, *Phytophthora* sp. and TMV.

For citation: Struchalina EV, Sokolova LM. Otsenka iskhodnogo materiala tomata k kompleksu patogenov i poisk istochnikov ustoichivosti dlya selektsii v Volgogradskoi oblasti [Evaluation of tomato source material to a complex of pathogens and search for sources of resistance for breeding in the Volgograd region]. *Agronauka. Agrosience*. 2025;3:1:38–50 (in Russ.). EDN: MYSBTX. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-38-50>

Введение

Томат – овощная культура, возделываемая по всему миру. В Российской Федерации томат является одной из основных овощных культур, выращиваемых как в открытом, так и в закрытом грунте. По данным «АБ-Центр» посевные площади томатов только открытого грунта в России в 2024 году в хозяйствах всех категорий составили 78,9 тыс. га, а валовые сборы томатов находились на уровне 2

048,8 тыс. т. В закрытом грунте было собрано 0,98 млн т (<https://ab-centre.ru>).

Объёмы производства и потребления томатов растут [1] – за последние 30 лет мировой рынок томата увеличился в 3 раза, однако доля России в мировом производстве ещё не велика и составляет 1,1 % [2]. Коммерческому производству этой культуры при выращивании в открытом и защищённом грунтах препятствуют биотические

и абиотические факторы. Томат поражается целым рядом вредных организмов. Их вредоносность проявляется в снижении урожая, в плесневении плодов, семян, а также в загрязнении сельскохозяйственной продукции метаболитами различных грибов, которые могут оказывать фито-, микотоксинами и аллергенами [3].

В настоящее время в литературе описано несколько видов фитопатогенных сумчатых грибов, вызывающих заболевание «настоящая мучнистая роса томата» с похожими симптомами: *Erysiphe communis solani-lycopersici* Jacz., *Oidium lycopersici* Cooke & Masee, *Leveillula taurica* (анаморфа: *Oidiopsis taurica*) и наиболее распространённый вид *Oidium neolycopersici* L. Kiss [4, 5].

Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на ряде сельскохозяйственно значимых культур: таких, как овощные, плодовые, декоративные и др. Одними из важных в этом плане видов являются *F. oxysporum* (Fo), *F. avenaceum* (Fa) и *F. roae* (Fp). Наиболее распространёнными являются грибы вида *F. oxysporum*, вызывающие болезни увядания и поражающие сосудистую систему растений [6].

При трахеомикозном увядании томата, вызванном грибом *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder et Hansen, потери урожая могут составлять от 40 до 60 %. Это заболевание характеризуется быстрым развитием, проявляющимся обширным хлорозом и некрозом листьев. Наиболее часто фузариозное увядание проявляется в период массового плодоношения томатов. Также возможно наблюдение деформации черешков молодых листьев и скручивания листовых пластинок. На поперечном срезе поражённых стеблей отмечается потемнение сосудов. Заболевание начинается с потери тургорного давления в верхушках побегов, пожелтения и усыхания нижних листьев, что приводит к общему привяданию растений.

Понимание наиболее вредоносных патогенов в условиях юга России позволит значительно расширить генетический потенциал районированных сортов томатов за счёт выявления новых источников генети-

ческой устойчивости. В этой связи важным становится поиск источников устойчивости к заболеваниям среди представителей рода *Lycopersicon* Tourn.

Цель исследований – оценка толерантности исходного материала томата в условиях Волгоградской области, а также отбор устойчивых сортообразцов для последующей селекции. Кроме того, необходимо выявить комплекс патогенов, поражающих томат как в открытом, так и в закрытом грунте.

Условия, материалы и методы

Фитосанитарный мониторинг проводили в селекционно-семеноводческом центре «Росток». Посадка саженцев томата осуществлялась на капельном поливе в открытом и закрытом грунте в Среднеахтубинском районе Волгоградской области в 2022–2023 гг. на провокационном инфекционном фоне, созданном в результате бесменного возделывания культуры на одном месте в течение трёх лет, без применения средств защиты растений. Исходные 20 образцов томата размещались в рандомизированном порядке по блокам в трёхкратной повторности, на каждой делянке – от 29 до 79 растений, схема посадки – 0,60 × 0,90 м. Обработки химическими препаратами отсутствовали. Учёты болезней проводили с появления первых признаков заболеваний.

Полевую устойчивость образцов томата в период вегетации проводили визуально в соответствии с методическими рекомендациями Л. М. Соколовой (2022) [9, 10].

За основу визуальной оценки была принята шкала 1.

Шкала 1 – Балл и иммунологическая оценка томата по листовой пластине

Scale 1 – Score and immunological assessment of tomato on leaf blade

Балл	%-ное соотношение	Иммунологическая оценка
0 до 0,8	поражено менее 20 % растений	практически устойчивые
0,9 – 1,5	от 21 до 40 %	слабовосприимчивые
1,6 – 2,4	от 41 до 60 %	средневосприимчивые
2,5 – 3,2	от 61 до 80 %	восприимчивые
3,3 – 4,0	от 81 до 100 %	сильно восприимчивые

Учёт заключался в общей визуальной оценке состояния растений в их тщательном осмотре (в открытом и закрытом грунте).

Основными элементами учёта болезней растений служили распространённость, степень поражения, интенсивность развития.

Распространённость (частоту встречаемости) болезни определяли в % по формуле:

$$R = \frac{n \times 100}{N}, \quad (1)$$

где n – количество поражённых растений, N – общее количество учётных растений.

Развитие болезни подсчитывали по формуле:

$$R = \frac{\sum (rb) \times 100}{nc}, \quad (2)$$

где R – степень поражения, %; r – число растений, имеющих одинаковый балл поражения; b – балл поражения; n – общее число учётных растений; c – высший балл шкалы, по которой проводили оценку поражения.

Интенсивность развития болезни или средневзвешенный балл поражения рассчитывали по формуле:

$M = \frac{\sum (a \times b)}{N}$, где $\sum (a \times b)$ – сумма произведений числа поражённых растений (или органов) на соответствующий балл поражения, N – общее число учётных растений в образце, M – интенсивность развития болезни [9, 10].

В период вегетации также проводили отбор поражённых растений для идентификации признаков поражения.

При идентификации признаков поражения томатов использовали метод раскладки поражённых частей растений на питательную среду Чапека [9].

Исследуемый материал томата предварительно отмывали от почвенных частиц. На границе поражённой и здоровой ткани стерильным скальпелем вырезали небольшие кусочки и раскладывали в приготовленные чашки Петри на питательную среду. После чего чашки помещали в термостат и инкубировали при температуре +23...+25 °C.

Через 5 суток появившийся грибной налёт анализировали в поле зрения микроскопа при увеличении 16 × 40 с последующим отбором штаммов для пересева на питательную среду для выделения в чистые культуры [10].

Агроклиматические показатели играют большую роль в нормальном росте и развитии растений томата. Отрицательными факторами климата Нижнего Поволжья являются: неустойчивое увлажнение, низкая относительная влажность воздуха летом, ливневый характер осадков, периодическая засуха, суховеи, сильные ветры и пыльные бури.

К положительным сторонам климата следует отнести длительный безморозный период, высокую сумму положительных температур, интенсивную солнечную радиацию, что способствует созреванию сельскохозяйственных культур.

За два года исследований (2022–2023) агроклиматические показатели характеризовались ранней и относительно холодной весной. Так, температура в конце марта достигала отметки в 0 °C. В апреле температура нарастала медленно и плавно. В 1-й половине мая были заморозки, температура колебалась от +1 до +15 °C, что аномально низко для Волгограда. Во 2-й половине мая температура повышалась от 20 до +25 °C.

Начиная с весны, осадков практически не было.

В июне наблюдалась аномальная жара с отметками от +35 до +38 °C в сочетании с сильными ветрами. Осадков выпало всего 7 мм. В конце июня, прошёл сильный ливень с градом, выпало 17 мм осадков.

В июле температура была стабильно высокой. Отметки дневной температуры были на уровне +30...+32 °C, иногда кратковременно (на пару дней) повышаясь до +35 °C.

Первая половина августа характеризовалась температурой до +25 °C. Выпало 38 мм осадков. К концу августа температура возросла до +30 °C.

Сентябрь характеризовался температурой +25...+30 °C и без осадков, что также является исключением для Волгограда.

Октябрь характеризовался умеренной температурой с перепадами от +1 до +15 °С. В сентябре и до середины октября осадков не было.

Результаты и обсуждение

По данным Alizadeh-Moghaddam G. (2022), качество плодов томата определяется по размеру, форме, цвету и вкусу. Однако наиболее важным показателем является устойчивость томата к комплексу болезней, и данное направление считается фундаментальной наукой [11]. Создание сортов и гибридов, устойчивых к большинству распространённых патогенов, позволяет избежать потерь урожая, что повысит рентабельность производства томата [12].

По данным А. С. Ерошевской и других исследователей (2021), фузариозное увядание томата, обычно характерно для южных регионов земледелия. Благодаря своей способности разлагать лигнин и другие сложные углеводы он является распространённым эпифитом и эндофитом корней растений. Проникает он обычно через микротрещины, возникающие при формировании боковых корней, или механические повреждения, поражения, образованные нематодами и насекомыми, а также через корневые волоски [13].

В борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур по-прежнему ведущую роль играют селекционные методы, позволяющие проводить отбор высокоадаптивных форм для конкретных условий выращивания вновь созданных генотипов.

Приоритетной задачей наших исследований на 2022–2023 годы являлась оценка исходного материала томата к комплексу патогенов, выделение устойчивых генотипов (растений) в условиях Волгоградской области и поиск толерантных сортов и гибридов как в открытом, так и в закрытом грунте.

Первую оценку толерантности и ранжирование сортов и гибридов исходного материала по группам устойчивости на естественном инфекционном фоне (открытый грунт) и (закрытый грунт) (в поликарбонатных теплицах) начали проводить в условиях 2022

года. В условиях 2023 года исходный материал проверили ещё раз.

Исследования, по первоначальной оценке, исходного материала томата к комплексу патогенов были построены на визуальном селекционном методе по делению устойчивых генотипов на группы ранжирования по толерантности. Происхождение исходного материала томата – иностранная селекция, в связи с чем было необходимо выявить, как пройдёт адаптация данного материала в агроклиматических условиях Волгоградской области и какой комплекс патогенов проявится в период вегетации в открытом и закрытом грунте.

Оценку сортов и гибридов томата по толерантности проводили визуально (шкала 1). При визуальной оценке учитывалось каждое растение в образце по процентному соотношению больных и здоровых растений. Далее исследуемые генотипы в открытом и закрытом грунте делились на количество устойчивых генотипов по бальной шкале (таблица 1). В данной таблице представлены обобщённые данные с открытого и закрытого грунта по распределению исходного материала томата по количеству устойчивых генотипов за два года исследований.

При анализе данных, представленных в таблице, видим, что за два года исследований исходный материал томата имеет разнородное распределение устойчивых генотипов (растений). Наибольшее количество устойчивых генотипов (растений) выявлено у гибридов: Максифорт F1 (31), Бьюфорт F1 (30), Экифорт F1 (36). Данные образцы входят в группу практически устойчивых – балл поражения составил 0,5. Образец Тореро F1 имеет 34 устойчивых генотипа из 79 изученных растений в открытом и закрытом грунте. Поражения данных образцов составили 1 балл, и данный гибрид характеризуется как слабовосприимчивый. Остальные образцы варьировали по группам устойчивости от слабовосприимчивых (1 балл) до сильно-восприимчивых (3 балла).

В результате проведённых исследований по толерантности к комплексу патогенов в открытом и закрытом грунте нами выделе-

Таблица 1 – Распределение по количеству устойчивых генотипов в исходном материале томат (2022–2023 гг.)**Table 1 – Distribution by the number of resistant genotypes in the original tomato material (2022–2023)**

№ при посеве	Наименование сортообразца	Происхождение исходного материала	Количество растений, шт.	Количество генотипов шт. с баллами устойчивости					
				0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	Максифорт F1	Гибрид подвоя, De Ruiter	65	31	21	11	2		
2	Мей Шуай F1	Гибрид розовоплодного томата, Seminis	45	22	16	2	3	2	
3	Пинк Хит F1	Гибрид розовоплодного томата, Yuxsel Tohum	32	21	3	4	4		
4	Тивай F1	Гибрид розовоплодного томата, Rijk Zwaan	23	13	7	1	1	1	
5	Бобкат F1	Гибрид красноплодного томата, Syngenta	42	18	16	3	4	1	
6	Фейрреро F1	Гибрид красноплодного томата, De Ruiter	61	27	23	2	4	4	1
7	Бьюфорт F1	Гибрид подвоя, Seminis	55	30	16	2	7		
8	Махитос F 1	Гибрид красноплодного томата, Rijk Zwaan	29	12	9	6	2		
9	DR 1041 TX	Гибрид подвоя, De Ruiter	57	27	15	2	11	2	
10	Партова F1	Гибрид красноплодного томата, Seminis	48	26	7	1	9	5	
11	Белидо F1	Гибрид черри томата, Syngenta	61	15	26	5	13	2	
12	Тореро F1	Гибрид красноплодного томата, De Ruiter	79	16	34	11	16	1	1
13	Этерей F1	Гибрид красноплодного томата, Seminis	39	7	21	2	6	3	
14	Бесуто F1	Гибрид красноплодного томата, Seminis	51	11	19	8	11	2	
15	Экифорт F1	Гибрид подвоя, De Ruiter	71	36	21	10	2		2
16	Пинк Айди F1	Гибрид розовоплодного томата, Seminis	70	19	24	3	22		2
17	Матиссимо F1	Гибрид красноплодного томата, Seminis	56	13	18	4	15	6	
18	Аладдин F1	Гибрид среднеплодного томата, Гавриш	61	6	20	10	18	4	3
19	Баловень F1	Гибрид красноплодного томата, Гавриш	40	2	13	11	9	4	1
20	Ордынка F1	Гибрид красноплодного томата, Гавриш	43	4	14	5	11	9	

но 8 толерантных сортообразцов. Данные сортообразцы имеют больше всего устойчивых генотипов (растений), это Максифорт F1 (31 растение с баллом поражения 0,5 и 21 растение с баллом поражения 1), Мей Шуай F1 (22 растения с баллом поражения 0,5 и 16 растений с баллом поражения 1), Фейрреро F1 (соответственно 27 и 23 растения),

Бьюфорт F1 (30 растений с баллом поражения 0,5), DR 1041 TX (27 растений с баллом поражения 0,5), Тореро F1 (34 растения с баллом поражения 1), Экифорт F1 (36 и 21 соответственно), Пинк Айди F1 (19 и 24 соответственно). С данными перспективными образцами будет проведена дальнейшая селекционная работа.

В условиях 2022–2023 годов был проведён фитоманиторинг посадок томата, как в открытом, так и в закрытом грунте. При проведении данной работы был выявлен следующий комплекс патогенов (рисунок 1): мучнистая роса, возбудитель *Erysiphe communis* f. *solani-lycopersici*.



Рисунок 1 – Листовая пластина растения томата в условиях закрытого грунта с признаками поражения *Erysiphe communis* f. *solani-lycopersici*

Figure 1 – Leaf blade of a tomato plant in closed ground conditions with signs of damage by *Erysiphe communis* f. *solani-lycopersici*

В геноме культурного томата (*Lycopersicon esculentum* Mill) нет генов, отвечающих за устойчивость к мучнистой росе [14]. По данным Т. А. Терешонковой (2002), болезнь поражает все сорта и гибриды как отечественной, так и иностранной селекции. Заболевание при отсутствии дорогостоящих химических обработок проявляет высокую вредоносность [15].

Данное заболевание, отмечено в наших исследованиях, продиктовало необходимость выделять устойчивые генотипы из числа учётных растений, и использовать данный материал. Это сбор томатов и полу-

чение семян с толерантных растений при создании исходного материала и вовлечения в селекционный процесс, как новых генисточников устойчивости.

По данным J. Chitwood-Brown, G. E. Vallad, T. G. Lee, S. F. Hutton (2021), *Fusarium* sp. особенно интенсивно развивается в условиях жаркого влажного климата. Оптимальная температура для развития заболевания 27...28 °С. Фузариоз выделяет фитотоксины, которые распространяются по сосудам растений, также они вызывают токсикоз, и растение гибнет [16]. Yuling Bai, Zhe Yan, E. Moriones, R. Fernandez-Munoz (2018) описывают следующую симптоматику: признаки поражения проявляются в отставании растений в развитии, увядании и засыхании листьев, отмирании завязей, потемнении и побурении корневой шейки и корней [17].

В наших исследованиях фузариозное увядание было выявлено на рассаде томата, через месяц после посадки. Фузариозное увядание выражалось в угнетении роста и развитии растений (рисунок 2).



Рисунок 2 – Листовая пластина томата с признаками поражения *Fusarium* sp. в открытом грунте

Figure 2 – Tomato leaf blade with signs of *Fusarium* sp. damage in open ground

Были взяты пробы поражённых растений, при разрезе стебля вдоль выявлено потемнение сосудистой системы, так называемая «закупорка сосудов». Также фузариоз проявился на цветоносах в период цветения.

Наши исследования в области выявления и идентификации ВТМ подтверждают авторы Т. А. Терешонкова и др. (2015), они высказываются о том, что наиболее распространены ВТМ и ВМТО в тепличных хозяйствах, где выращивается томат. Особенно данные патогены вредят хозяйствам, которые расположены в Астрахани, Ростове-на-Дону и Волгограде. Характерные признаки этой болезни: пёстрая и неравномерная окраска листьев, состоящая из чередующихся светлоокрашенных зелёных или желтоватых участков листовой поверхности (мозаика). При этом тёмные участки вздуваются, и листовая пластинка имеет бугристый вид. Растения отстают в росте, плоды плохо завязываются, щуплые, часто с некрозами. Вирусы могут передаваться с семенами, табачными изделиями (ВТМ), сохраняются на растительных остатках, поверхностях, оборудовании [18].

При обследовании растений томата в закрытом грунте нами были выявлены единичные растения томата с признаками проявления ВТМ. Данный признак представлен на рисунке 3.

Растения с данным признаком выбраковывались, путём удаления из почвы и теплицы с последующей утилизацией.

Во время вегетационного периода томатов в открытом грунте нами выявлены сортообразцы, которые имели следующую симптоматику. На нижних листьях появление округлых бурых, или коричневых пятен. Впоследствии эти пятна разрастались и охватывали новые листья. Пятна на повреждённых листовых пластинках постепенно становились больше, сливались, и листья отмирали (рисунке 4).

N. Bessadat и другие (2017) утверждают, что генетический контроль устойчивости к альтернариозу томата является полигенным [19].



Рисунок 3 – Признаки поражения листовой пластины и верхушки томата ВТМ в закрытом грунте

Figure 3 – Signs of damage to the leaf blade and top of tomato by TMV in closed ground



Рисунок 4 – Признаки поражения Alternaria sp листовой пластины томата в открытом грунте

Figure 4 – Signs of damage to tomato leaf blades by Alternaria sp in open ground

Полигенность, обусловлена как наследственными факторами, так и, в значительной степени, факторами внешней среды. Кроме того, они связаны с действием многих генов.

T. Schmey, C. Small, S. Einspanier, L. M. Hoyoz, T. Ali, S. Gamboa, R. Stam (2023) проводят работу по картированию QTL для выявления маркеров, контролирующих устойчивость к альтернариозу [20].

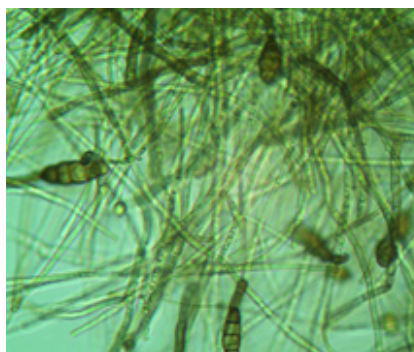
P. Adhikari, Y. Oh, D. R. Panthee (2017) высказали гипотезу, что устойчивость к альтернариозу связана с повышенной экспрессией гена *TPK1b*, а также повышен-

ным накоплением фенольных соединений и супероксиданиона, более высоким процентом сшивания и полифенольной активностью, уменьшением повреждения ДНК и меньшим снижением жизнеспособности клеток [21].

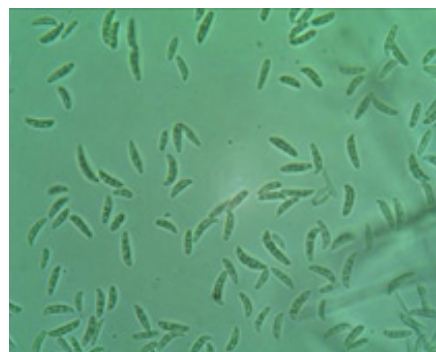
Все выявленные инфекционные растения с признаками поражения грибными болезнями были доставлены в лабораторию. С данным материалом проводилась работа по идентификации признаков поражения (рисунок 5, см. методику).



Проявление комплексного мицелиального спороношения на листовой пластине томата при раскладке



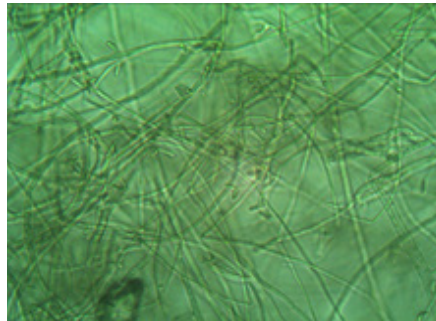
Alternaria sp.



Fusarium sp.



Мучнистая роса



Phytophthora sp.

Рисунок 5 – Идентификация признаков поражения листьев томата

Figure 5 – Identification of signs of tomato leaf damage

В результате проведённой фитопатологической раскладки выявлены патогенны рода *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Phytophthora sp.*, мучнистая роса *Erysiphe communis f. solani-lycopersici*.

С патогенов грибных болезней из рода *Alternaria sp.* и *Fusarium sp.* сделан пересев для получения чистой культуры, чтобы определить видовую принадлежность данных патогенов.

А. М. Catanzariti, G. T. Lim, D. A. Jones (2015) утверждают, что в пределах вида *F. oxysporum* существует более 120 различных специализированных форм, способных вызывать серьезные поражения болезнями различных культур, хотя каждая форма ограничена набором хозяев и обозначена как *formae specialis* [22].

Нами при проведении фитопатологической раскладки выявлено 9 штаммов патогена рода *Fusarium sp.* Для определения видовой принадлежности данных штаммов будет проведен ПЦР-анализ.

Создание устойчивых сортов томата является экономически и экологически обоснованным подходом для борьбы с заболеванием [23].

Благодаря селекционному методу оценки по ранжированию устойчивых генотипов по группам устойчивости нам удалось выявить устойчивые генотипы и собрать с них плоды томата для дальнейшей селекционной работы.

Выводы

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что селекционные

методы продолжают пользоваться популярностью в борьбе с болезнями томата. Современный уровень развития селекции расширяет спектр проблем, стоящих перед исследователями, и акцентирует внимание на необходимости глубокого понимания теоретических и практических достижений в данной области. В этом контексте особенно важно получить генотипы, демонстрирующие высокую устойчивость к болезням. Для этого необходимо учитывать современные данные о разнообразии патогенов, их морфологических, генетических и физиологических характеристиках, включая расовой и видовой состав, а также наличие в исходном материале томата генотипов растений, устойчивых к патогенам.

В результате исследований, проведённых в 2022–2023 годах, была проведена оценка толерантности исходного материала томата. Выявлены толерантные сортообразцы, такие как Максифорт, Мей Шуай F1, Фейрперо F1, Бьюфорт F1, DR 1041 TX, Топеро F1, Экифорт F1 и Пинк Айди F1, которые могут служить донорами устойчивости для дальнейшей селекционной работы.

Кроме того, в ходе фитопатологического мониторинга посадок томата в открытом и закрытом грунте были выявлены грибные и вирусные болезни, такие как *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Erysiphe communis f. solani-lycopersici*, *Phytophthora sp.* и ВТМ. Эти данные подчеркивают важность постоянного наблюдения за состоянием растений и могут помочь в разработке эффективных мер по борьбе с инфекциями.

Список источников

1. Перспективы производства органической продукции в России / С. Н. Нековаль, А. В. Беляева, О. А. Маскаленко и другие // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 77–82. <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.93.11.002>
2. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко, А. Ф. Разин, В. Ф. Пивоваров и другие // Овощи России. 2019. № 2. С. 9–15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
3. Тимина Л. Т., Енгальцева И. А. Комплекс патогенов на овощных культурах в условиях центрального региона РФ // Овощи России. 2015. № 3–4. С. 123–129.
4. Kiss L., Cook R. T. A., Saenz G.S., Cunningham J. H., Takamatsu S., Pascoe I., Bardin M., Nicot P. C., Sato Y. and Rossman A. Y. Identification of two powdery mildew, *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *Oidium lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world // Mycological Research. 2001. Vol. 105, Pp. 684–697.
5. Источники и доноры устойчивости томата к мучнистой росе и результаты селекции / М. Н.

- Емелина, Н. С. Горшкова, С. И. Игнатова, Т. А. Терешонкова // Картофель и овощи. 2010. № 7. С. 22–23.
6. Сравнительный анализ полиморфизма микросателлитных маркеров у ряда видов рода *Fusarium* / А. Н. Семенов, М. Г. Дивашук, М. С. Баженов, Г. И. Карлов, В. И. Леунов, А. Н. Ховрин, А. А. Егорова, Л. М. Соколова, Т. А. Терешонкова, К. Л. Алексеева, В. М. Леунова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 1. С. 40–50.
7. Beckman C. H. The Nature of Wilt Diseases of Plants. American Phytopathological Society Press. 1987. 175 p.
8. Соколова Л. М. Анализ видового разнообразия из рода *Fusarium* // Аграрная наука. 2019. № 51. С. 118–122. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-118-122>
9. Соколова Л. М. Выделение и агрессивность возбудителей болезней рода *Fusarium* и *Alternaria* на моркови столовой // Картофель и овощи. 2018. № 3. С. 21–24.
10. Соколова Л. М. Система комплексного применения селекционно-иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria SP.* и *Fusarium SP.* Методические рекомендации. Москва, 2022. С. 56.
11. Alizadeh-Moghaddam G., Nasr-Esfahani M., Rezayatm and Z., Khozaei M. Genomic markers analysis associated with resistance to *Alternaria alternata* (fr.) Keissler – tomato pathotype, *Solanum lycopersicum* L. // Breeding Science. 2022. Vol. 72. № 4. Pp. 285–296. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.22003>
12. Идентификация аллелей гена Cf-9 устойчивости к кладоспориозу у гибридов томата F1 селекции Агрофирмы «Поиск» / А. С. Ерошевская, А. А. Егорова, Н. А. Милюкова, А. С. Пырских // Картофель и овощи. 2021. № 3. С. 35–37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.55.18.004>
13. Молекулярно-генетический анализ гибридов томата F₁ по устойчивости к фузариозу / А. С. Ерошевская, А. А. Егорова, Н. А. Милюкова, А. С. Пырских // Картофель и овощи. 2021. № 5. С. 37–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.44.34.006>
14. Lindhout P., Pet G., van der Beek H., Screening wild species for resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersicum*). Euphytica. 1994. № 72. Pp. 43–49.
15. Терешонкова Т. А. Мучнистая роса томата (*Oidium Lycopersicum cooke & Masse*): Идентификация возбудителя, методы оценки и отбора устойчивых генотипов, создание исходного материала. Дисс...на соиск. уч. старший канд. с.-х. наук. Федеральный научный центр. Москва. 2002. 164 с.
16. Chitwood-Brown J., Vallad G. E., Lee T. G., Hutton S. F. Breeding for resistance to fusarium wilt of tomato: A review. Genes. 2021. T. 12. № 11. С. 1673.
17. Yuling Bai, Yan Zhe, Moriones E., Fernandez-Munoz R. Tomato disease resistances in the post-genomics era // Acta Horticulturae. 2018. Vol. 1207. Pp. 1–18. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1207.1>
18. Терешонкова Т. А., Егорова А. А., Соколова Л. М. Вирусные болезни томата // Картофель и овощи. 2015. № 12. С. 18–19.
19. Bessadat N., Berruyer R., Hamon B. *Alternaria* species associated with early blight epidemics on tomato and other Solanaceae crops in northwestern Algeria // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 148. Pp. 181–197. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1081-9>
20. Schmey T., Small C., Einspanier S., HoyozL. M., Ali T., Gamboa S., Stam R. Small spored *Alternaria* spp. (section *Alternaria*) are common pathogens on wild tomato species // Environmental Microbiology. 2023. Vol. 25. № 10. Pp. 1830–1846. <https://doi.org/10.1111.1462-2920.16394>
21. Adhikari P., Oh Y., Panthee D. R. Current status of early blight resistance in tomato: an update // International journal of molecular sciences. 2017. Vol. 18. № 10. Pp. 2019. <https://doi.org/10.3390.ijms18102019>
22. Catanzariti A. M., Lim G. T., Jones D. A. The tomato I-3 gene: a novel gene for resistance to Fusarium wilt disease // New Phytologist. 2015. Vol. 207. № 1. Pp. 106–118. <https://doi.org/10.1111/nph.13348>
23. Li J., Chitwood-Brown J., Kaur G., Labate J. A., Vallad G. E., Lee T. G., Hutton S. F. Novel sources of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 among *Solanum pennellii* accessions // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2022. Vol. 147. № 1. Pp. 35– 44. <https://doi.org/10.21273.JASHS05080-21>

References

1. Nekoal SN, Belyaeva AV, Maskalenko OA. et al. Perspektivy proizvodstva organicheskoi produktsii v Rossii [Prospects for the production of organic products in Russia]. *Agrokhimicheskii vestnik. Agrochemical Bulletin*. 2019;5:77–82. (in Russ.). <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.93.11.002>
2. Soldatenko AV, Razin AF, Pivovarov VF. et al. Ovoshchi v sisteme obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii [Vegetables in the food security system of Russia]. *Ovoshchi Rossii. Vegetables of Russia*. 2019;2:9–15. (in Russ.). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
3. Timina LT, Engalychева IA. Kompleks patogenov na ovoshchnykh kul'turakh v usloviyakh tsentral'no-go regiona RF [The complex of pathogens on vegetable crops in the conditions of the central region of the Russian Federation]. *Ovoshchi Rossii. Vegetables of Russia*. 2015;3:4:123–129. (in Russ.).

4. Kiss L, Cook RTA, Saenz GS, Cunningham JH, Takamatsu S, Pascoe I, Bardin M, Nicot PC, Sato Y. and Rossman AY. Identification of two powdery mildew, *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *Oidium lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. *Mycological Research*. 2001;105:684–697.
5. Emelina MN, Gorshkova NS, Ignatova SI, Tereshonkova TA. Istochniki i donory ustoichivosti tomata k muchnistoi rose i rezul'taty selektsii [Sources and donors of tomato resistance to powdery mildew and breeding results]. *Kartofel' i ovoshchi. Potatoes and vegetables*. 2010;7: 22–23. (in Russ.).
6. Semenov AN, Divashchuk MG, Bazhenov MS, Karlov GI, Leunov VI, Khovrin AN, Egorova AA, Sokolova LM, et al. Sravnitel'nyi analiz polimorfizma mikrosatellitnykh markerov u ryada vidov roda *Fusarium* [Comparative analysis of polymorphism of microsatellite markers in a number of species of the genus *Fusarium*]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2016;1:40–50. (in Russ.).
7. Beckman CH. The Nature of Wilt Diseases of Plants. *American Phytopathological Society Press*. 1987. 175 p.
8. Sokolova LM. Analiz vidovogo raznoobraziya iz roda *Fusarium* [Analysis of species diversity from the genus *Fusarium*]. *Agrarnaya nauka. Agricultural science*. 2019;51:118–122. (in Russ.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-118-122>
9. Sokolova LM. Vydelenie i agressivnost' vzbuditelei boleznei roda *Fusarium* i *Alternaria* na morkovi stolovoi [Isolation and aggressiveness of pathogens of the genus *Fusarium* and *Alternaria* on table carrots]. *Kartofel' i ovoshchi. Potatoes and vegetables*. 2018;3:21–24.
10. Sokolova LM. Sistema kompleksnogo primeneniya selektsionno-immunologicheskikh metodov dlya sozdaniya sortov i gibridov morkovi stolovoi s gruppovoi ustoichivost'yu k *Alternaria* SP. i *Fusarium* SP. [A system of integrated application of breeding and immunological methods for the creation of varieties and hybrids of table carrots with group resistance to *Alternaria* SP. and *Fusarium* SP]. Methodological recommendations. Moscow, 2022;56 p. (in Russ.).
11. Alizadeh-Moghaddam G, Nasr-Esfahani M, Rezayatm and Z, Khozaei M. Genomic markers analysis associated with resistance to *Alternaria alternata* (fr.) Keissler – tomato pathotype, *Solanum lycopersicum* L. *Breeding Science*. 2022;72:4:285–296. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.22003>
12. Eroshevskaya AS, Egorova AA, Milyukova NA, Pyrsikov AS. Identifikatsiya allelei gena Sf-9 ustoichivosti k kladosporiozu u gibridov tomata F1 selektsii Agrofirmy «Poisk» [Identification of Cf-9 gene alleles of resistance to cladosporiosis in F1 tomato hybrids selected by the Agrofirma "Poisk"]. *Kartofel' i ovoshchi. Potatoes and vegetables*. 2021;3:35–37. (in Russ.). <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.55.18.004>
13. Eroshevskaya AS, Egorova AA, Milyukova NA, Pyrsikov AS. Molekulyarno-geneticheskii analiz gibridov tomata F1 po ustoichivosti k fuzariozu [Molecular genetic analysis of tomato F1 hybrids for resistance to fusarium]. *Kartofel' i ovoshchi. Potatoes and vegetables*. 2021;5:37–40. (in Russ.). <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.44.34.006>
14. Lindhout P, Pet G, van der Beek H. Screening wild species for resistance to powdery mildew (*Oidium lycopersicum*). *Euphytica* 1994;72:43–49.
15. Tereshonkova TA. Muchnistaya rosa tomata (*Oidium Lycopersicum cooke & Masse*): Identifikatsiya vzbuditelya, metody otsenki i otbora ustoichivyykh genotipov, sozdanie iskhodnogo materiala. [Powdery mildew of tomato (*Oidium Lycopersicum cooke & Masse*): Identification of the pathogen, methods of evaluation and selection of resistant genotypes, creation of source material]. Dissertation for the degree of uch. art. Candidate of agricultural Sciences. The Federal Scientific Center. Moscow. 2002;164 p. (in Russ.).
16. Chitwood-Brown J, Vallad GE, Lee TG, Hutton SF. Breeding for resistance to fusarium wilt of tomato: A review. *Genes*. 2021;12:11:1673.
17. Yuling Bai, Yan Zhe, Moriones E, Fernandez-Munoz R. Tomato disease resistances in the post-genomics era. *Acta Hort.* 2018;1207:1–18. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1207.1>
18. Tereshonkova TA, Egorova AA, Sokolova LM. Virusnye bolezni tomata [Viral diseases of tomatoes]. *Kartofel' i ovoshchi. Potatoes and vegetables*. 2015;12:18–19
19. Bessadat N, Berruyer R, Hamon B. *Alternaria* species associated with early blight epidemics on tomato and other Solanaceae crops in northwestern Algeria. *European Journal of Plant Pathology*. 2017;148:181–197. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1081-9>
20. Schmey T, Small C, Einspanier S, Hoyoz L M, Ali T, Gamboa S, Stam R. Small spored *Alternaria* spp. (section *Alternaria*) are common pathogens on wild tomato species. *Environmental Microbiology*. 2023;25:10:1830–1846. <https://doi.org/10.1111.1462-2920.16394>
21. Adhikari P, Oh Y, Panthee DR. Current status of early blight resistance in tomato: an update. *International journal of molecular sciences*. 2017;18:10:2019. <https://doi.org/10.3390.ijms18102019>
22. Catanzariti AM, Lim GT, Jones DA. The tomato I-3 gene: a novel gene for resistance to *Fusarium* wilt disease. *New Phytologist*. 2015;207:1:106–118. <https://doi.org/10.1111/nph.13348>

23. Li J, Chitwood-Brown J, Kaur G, Labate JA, Vallad GE, Lee TG, Hutton SF. Novel sources of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 among *Solanum pennellii* accessions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2022;147:1:35-44. <https://doi.org/10.21273.JASHS05080-2>

Информация об авторах

Е. В. Стручалина – канд. с.-х. наук, руководитель селекционно-семеноводческого департамента;
Л. М. Соколова – д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр. сектора селекции и семеноводства корнеплодных культур

Information about the authors

E. V. Struchalina – Cand. of Agri. Sci., head of the seed breeding department;
L. M. Sokolova – Dr. of Agri. Sci., Leading Researcher of the Breeding and Seed Center

***Статья поступила в редакцию 09.01.2025;
одобрена после рецензирования 20.01.2025;
принята к публикации 27.01.2025***

***The article was submitted 09.01.2025;
approved after reviewing 20.01.2025;
accepted for publication 27.01.2025***

Научная статья

УДК 632.7:631:63-05

EDN: QSZLRV

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-51-61>**ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ СОИ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ****Александр Александрович Кузьмин**

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, bianor@yandex.ru

Аннотация. На основе изучения и анализа литературных источников, а также отчётных документов архивного фонда Всероссийского НИИ сои (г. Благовещенск Амурской области) – в статье представлены сведения об исследовательской деятельности амурских учёных, которые занимались вопросами изучения насекомых-вредителей в Амурской области. Цель данного исследования заключается в сборе наиболее полной информации о публикациях, посвящённых изучению вредителей сои на территории Амурской области, а также в определении перспективных направлений исследований в области защиты сои от вредителей в предстоящие годы. В историческом контексте почти столетняя (с 1927 года по настоящее время) научно-исследовательская работа по данной теме служит основой для современных учёных, продолжающих исследования в этом направлении. На протяжении многих лет значимые результаты научных трудов энтомологов оказывали влияние на возделывание сои в условиях Приамурья; они проводили исследования, направленные на выявление видового состава насекомых-вредителей, изучение их биологии и разработку методов защиты растений. В статье также поднимается ряд вопросов, которые недостаточно освещены в литературных источниках и требуют решения со стороны учёных в ближайшем будущем.

Ключевые слова: защита растений, соя, история, этап исследования, Амурская область, насекомые-вредители.

Для цитирования: Кузьмин А. А. История изучения вредителей сои в Амурской области // Агро-наука. 2025. Том 3. № 1. С. 51–61. EDN: QSZLRV. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-51-61>

Original article**HISTORY OF THE STUDY OF SOYBEAN PESTS IN THE AMUR REGION****Alexander A. Kuzmin**

All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans, Blagoveshchensk, Russia, bianor@yandex.ru

Abstract. Based on the study and analysis of literary sources, as well as reporting documents from the archival fund of the All-Russian Research Institute of Soybeans (Blagoveshchensk, Amur Region), the article presents information about the research activities of Amur scientists who studied insect pests in the Amur Region. The purpose of this study is to collect the most complete information on publications devoted to the study of soybean pests in the Amur Region, as well as to identify promising areas of research in the field of soybean protection from pests in the coming years. In the historical context, almost a century of research (from 1927 to the present) on this topic serves as a basis for modern scientists continuing research in this area. Over the years, significant results of the scientific work of entomologists have influenced the cultivation of soybeans in the Amur region; they conducted research aimed at identifying the species composition of insect pests, studying their biology and developing plant protection methods. The article also raises a number of issues that are not sufficiently covered in the literature and require solutions from scientists in the near future.

© Кузьмин А. А., 2025

Keywords: plant protection, soybeans, history, research stage, Amur region, insect pests.

For citation: Kuzmin AA. Istoriya izucheniya vreditel'ei soi v Amurskoi oblasti [History of the study of soybean pests in the Amur region]. *Agronauka. Agrosience*. 2025;3:1:51–61 (in Russ.). EDN: QSZLRV. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-51-61>

Введение

Соя продолжает оставаться одной из самых популярных сельскохозяйственных культур как в России, так и в мире. Амурская область сохраняет своё лидерство среди регионов России по площади посевов, отведённых под сою. В 2024 году площадь соевых посевов составила около 900 тысяч гектаров, что более чем в два раза превышает площади, занимаемые этой культурой в других регионах, занимающихся соеводством. Например, в Краснодарском крае в 2024 году площадь соевых посевов составила 378 тыс. га, в Белгородской области – 315 тыс. га, а в Приморском крае – 305 тыс. га [1].

Высокая стоимость сои зачастую побуждает сельхозтоваропроизводителей выделять всё больше земельных участков под эту культуру, при этом нередко пренебрегая карантинными мерами при ввозе семенного материала из стран, не признающих Россию. Важные аспекты сельскохозяйственной гигиены и агрономических практик, направленные на поддержание хорошего фитопатологического состояния посевов, также зачастую игнорируются с целью сокращения расходов и повышения рентабельности. Эти факторы ведут к накоплению патогенов в почве и семенном материале, а также к увеличению популяций вредителей. В результате появляются новые заболевания, не отмеченные ранее на территории России [2], и предсказывается появление дополнительных заболеваний и вредителей сои, что может сделать её возделывание в Амурской области экономически нерентабельным [3, 4].

В связи с вышеизложенным, особенно остро стоит вопрос мониторинга вредоносных организмов, а также изучения путей их проникновения на территорию России и распространения в соевых агроценозах. Эти задачи труднореализуемы в отрыве от бло-

ка информации, полученной специалистами по защите растений, работавшими с первых лет возделывания сои в Амурской области.

Цель исследований – сбор наиболее полной информации о публикациях, посвящённых изучению вредителей сои на территории Амурской области, а также в определении перспективных направлений исследований в области защиты сои от вредителей в предстоящие годы.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили в ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Материалом служили отчёты о научно-исследовательской работе, научная литература, фотоматериалы из архивного фонда института.

В целях наиболее полного освещения изученных проблем, поставленных в рамках борьбы с насекомыми-вредителями сои, был проработан и проанализирован большой пласт литературы из библиотечных фондов Всероссийского НИИ сои, Дальневосточного ГАУ и Благовещенского ГПУ. Часть источников была получена из электронных библиотек.

Результаты и обсуждение

Начальный этап изучения

Изучение вредителей сои началось с первых шагов организованного возделывания этой культуры. Первые упоминания о вредителях сельскохозяйственных растений в Амурской области датируются 1927 годом. В Отчёте № 28 Амурской государственной сельскохозяйственной станции были зафиксированы четыре вида насекомых-вредителей, а также проводились исследования, направленные на выявление видового состава заболеваний сои [5]. В 1927 и 1928 годах свет увидели работы В. М. Энгельгардта «Вредители бобов сои в Дальневосточном крае» и «Список вредителей сельскохозяйственных

культур Дальневосточного края», однако стоит отметить, что эти исследования основывались на материалах, собранных в Приморском крае [6–7].

Среди первых энтомологов, проявивших интерес к изучению вредителей сои в Амурской области, выделяется Александр Иванович Мищенко (рисунок 1), который впоследствии занял пост заведующего кафедрой микробиологии и зоологии в Благовещенском сельскохозяйственном институте. Под его руководством были обобщены существующие материалы, а также организованы новые исследования, что способствовало дальнейшему углублённому изучению проблемы.



Рисунок 1 – А. И. Мищенко в рабочем кабинете. Фотография из архива Дальневосточного ГАУ
Figure 1 – A. I. Mishchenko in his office. Photo from the archive of the Far Eastern State Agrarian University

В 1930 году Мищенко совместно с Энгельгардтом подготовили брошюру под названием «Соевая моль», посвящённую подробному описанию цикла развития соевой плодожорки (*Leguminivora glycinivorella*) [8]. Эта публикация содержит исчерпывающую информацию о морфологии, преименных стадиях и динамике лёта имаго вредителя, что делает её ключевой работой, посвящённой данному виду. Следует отметить, что устаревшими можно считать лишь предложенные авторами методы борьбы с вредителем.

В том же году В. А. Верещагин в своей научной работе «Борьба с вредителями и болезнями соевых бобов» описал основных вредителей сои на Амуре, среди кото-

рых – жуки-шпанки (*Epicauta megaloccephala* и *Epicauta dubia*), бабочки-медведицы (*Chionarctia nivea* и *Arctia cacia*), бабочки-пяденицы (неустановленного вида), бабочки-совки (*Heliothis dipsacea*), клопы (*Lygus pratensis* и *Coptosoma biguttulum*) и тли. В. А. Верещагин также рекомендовал использовать химические методы борьбы, включая опрыскивание растений наиболее эффективными ядовитыми составами и разбрасывание отравленных приманок [9].

В следующем, 1931 году, Энгельгардт и Мищенко выпустили публикацию, в которой подробно описали насекомых-вредителей, повреждающих семена сои [10].

Результатом длительных работ по изучению вредителей сои стала монография А. И. Мищенко «Насекомые-вредители полевых и овощных культур Дальнего Востока», изданная в 1940 году. В ней автор описывает ряд видов насекомых-вредителей различных культур, в том числе отмеченных на сое: соевая полосатая блошка (*Paraluperodes suturalis*), четырёхточечная блошка (*Monolepta quadriguttata*), двухцветная блошка (*Pagria signata*), двухточечный клопик (*Coptosoma biguttulum*), соевая плодожорка (*L. glycinivorella*) – и методы борьбы с ними [11]. Монография была переиздана в 1957 году [12].

Послевоенный этап

В годы Великой Отечественной войны исследования по вопросам изучения болезней и вредителей сои, а также разработке мер борьбы были приостановлены и возобновлены лишь во второй половине XX века. Сотрудники Амурской государственной селекционной станции, созданной на базе Амурской областной сельскохозяйственной опытной станции в связи с расширением научно-исследовательских работ по селекции сельскохозяйственных культур, проводили исследования по выявлению видового состава и насекомых-вредителей, изучению их биологии, а также разработке и проверке в местных условиях мер борьбы с ними. В этой работе принимали участие энтомологи В. А. Верещагин, В. М. Энгельгардт, А. И. Мищенко и другие. Было установлено, что

более 35 % вредных насекомых относятся к восточно-азиатским видам [13].

В 1960-е годы на Амурской государственной сельскохозяйственной опытной станции были продолжены исследования по изучению вредителей сои. В 1962 году основоположник селекции и семеноводства сои в Приамурье В. А. Золотницкий в своей книге «Соя на Дальнем Востоке» подробно описал встречающихся в Амурской области вредителей сои (соевая плодожорка, соевая полосатая блошка) и изложил меры борьбы с ними [14].

В статье «Главнейшие вредители сои и борьба с ними» 1968 года А. И. Мищенко сообщает о вредителях, встречающихся на посевах сои в Амурской области и рекомендует агротехнические меры борьбы с ними, такие как зяблевая вспашка плугами с предплужниками на глубину пахотного слоя вслед за уборкой сои; рыхление междурядий до появления на растениях бобов; обязательное чередование культур в полях севооборота; ликвидация межей; уничтожение сорняков по обочинам дорог и другие [15].

С образованием в 1968 году на базе Амурской государственной сельскохозяйственной опытной станции Всероссийского НИИ сои научно-исследовательские работы по разработке агротехнических и химических методов защиты растений сои от вредителей и болезней были значительно расширены. Данный этап тесно связан с руководителем лаборатории защиты растений ВНИИ сои кандидатом биологических наук Николаем Васильевичем Мащенко (рисунок 2). Под его руководством осуществлялись фаунистические сборы, учёты и фенологические наблюдения за вредными насекомыми в стационарном опыте (с. Садовое Тамбовского района Амурской области) и иные исследования.

В ходе нашего исследования были детально рассмотрены общие вопросы защиты сельскохозяйственных культур [16–18], включая влияние севооборотов на защиту растений, интегрированную защиту сои [19] и взаимосвязь между повреждаемостью бобов сои и всхожестью семян [20–21]. Были

собраны и подготовлены методические рекомендации, которые обобщают все доступные на момент публикации данные [22]. В монографии «Фитосанитарный мониторинг сои» представлены наиболее полные и актуальные сведения о видовом составе вредителей, их распространении и биологических особенностях [23]. Следует отметить, что методические рекомендации, изданные в 2012 году, были актуализированы уже после ухода Николая Васильевича [24], что подчёркивает важность продолжения его работы. Н. В. Мащенко также собрал данные о преимагинальных стадиях и вредоносности различных видов вредителей [25–26], что дополнительно обогатило существующие знания в этой области. Исследования, посвященные распространению насекомых-вредителей [27], были начаты, однако завершить их не удалось.

В команде Николая Васильевича работала Н. И. Серебренникова, сотрудница ВНИИ сои, которая проводила самостоятельные



Рисунок 2 – Н. В. Мащенко за работой с коллекционным материалом

Figure 2 – N. V. Mashchenko working with collection material

исследования по отдельным видам вредителей [28–29]. В это же время А. М. Гунина из БСХИ (в настоящее время Дальневосточный государственный аграрный университет) проводила исследования по насекомым-вредителям и в 1978 году представила результаты о видовом составе болезней и вредителей сои, а также затронула тему влияния протравливания семян на повышение урожайности данной культуры [30]. Стоит подчеркнуть, что сотрудники этого института уделяли особое внимание изучению заболеваний сои, что свидетельствует о комплексном подходе к вопросам защиты этой важной сельскохозяйственной культуры.

Современный этап

Исследования Н. В. Мащенко продолжили его ученики А. Н. Дубровин и И. Н. Новосадов. Отдавая предпочтение изучения химических методов борьбы, они подготовили несколько методических рекомендаций, посвящённых этому вопросу [31–33]. Также были продолжены исследования в области агротехнических методов [34–35]. Обобщение результатов исследований было выполнено в двух выпусках методических рекомендаций: «Применение химических средств борьбы с основными вредителями сои» [36] и «Технологические приёмы оптимизации фитосанитарного состояния соевого агроценоза» [37]. В них представлен обзор использования различных приёмов защиты сои от комплекса вредителей и болезней в трофико-климатических условиях Приамурья. Предложены агротехнические мероприятия по защите растений, разработаны биологический и химический методы борьбы с вредными объектами сои. Рассмотрены проблемы вредоносности основных фитофагов: донниковой (*Heliothis adauca*) и стальной совки (*Pyrrhia umbra*) и соевой плодожорки (*L. glycinivorella*).

Результаты последних исследований, проведённых в период с 2017 по 2024 годы, привели к глубокому уточнению видового состава вредителей сои [38–41], а также к изучению их топического распределения в агроценозе сои [42]. Параллельно проводился сравнительный анализ эффективно-

сти современных методов мониторинга этих вредителей [43]. В ходе работы была пересмотрена степень вредоносности ряда насекомых, которые издавна считаются вредителями сои [44]. Особенное внимание было уделено одному из наиболее значительных вредителей – соевой плодожорке, у которой исследовалась вредоносность на различных сортах сои. В этой связи был предложен новый метод вычисления экономического порога вредоносности данного вредителя [45].

Дополнительно продолжались исследования, направленные на изучение эффективности химических методов борьбы с насекомыми-вредителями [46]. Важные аспекты, связанные с фитосанитарными рисками, также нашли свое отражение в работе [47], в которой был подготовлен раздел о защите растений в методических рекомендациях «100 вопросов и ответов о возделывании сои» [48]. Многолетние исследования насекомых-вредителей обобщены в статье «Вредители сои в Амурской области, их распространение и стациональная приуроченность» [49], где представлены первые сведения о закономерностях распространения вредителей на территории Амурской области. В то же время в Дальневосточном ГАУ была подготовлена оценка фитосанитарного состояния соевых посевов в Амурской области по сравнению с остальными регионами России [50].

Выводы

На сегодняшний день проведена значительная работа, в ходе которой были детально изучены различные аспекты взаимодействия насекомых-вредителей с соей. В частности, установлены виды насекомых, способных причинять вред соевым растениям, проанализированы их преимагинальные стадии и жизненные циклы, охватывающие большинство изучаемых видов. Также был установлен экономический порог вредоносности для наиболее значимых вредителей сои, что является важным шагом в понимании их воздействия на сельскохозяйственные культуры. Кроме того, выяснено влияние севооборотов на развитие вредных организмов, а также проведён сравнитель-

ный анализ методов мониторинга вредителей и болезней, что позволило выделить наилучшие практики для применения в условиях реального земледелия.

Однако в доступной литературе остаются пробелы, требующие дальнейшего изучения, в области защиты сои от насекомых-вредителей. В частности, недостаточно информации о географических ареалах распространения большинства вредителей в Амурской области и в отдельных районах, где существуют значительные посевы сои, за

исключением Тамбовского района. Необходимо также уточнить экономический порог вредности, учитывая потери урожая и современную стоимость защитных мероприятий. Кроме того, отсутствуют данные о роли насекомых-вредителей в передаче грибных заболеваний, что требует также отдельного внимания. Наконец, остаётся неясной взаимосвязь между насекомыми-вредителями и сорными растениями, что задаёт новый вектор для дальнейших исследований в данной области.

Список источников

1. Главагронум: Названы ТОП-5 регионов-лидеров по площади под соей в 2024 году [электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru/news/nazvany-top-5-regionov-liderov-po-ploshchadi-pod-soey-v-2024-godu> (дата обращения: 12.02.2025).
2. Кузьмин А. А. Особенности распространения заболеваний сои на территории Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17, № 2. С. 31–44.
3. Borowiec L. Revision of the genus *Spermophagus* Schoenherr (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). Genus Supplement. 1991. Vol. 1. 198 p.
4. Kaufmann M. J., Gerdemann J. W. Root and stem rot soybean caused by *Phytophthora sojae* n. sp. // Phytopathology. 1958. 48. P. 201–208.
5. Отчёт о проведении обследовательских и исследовательских работ по вредителям сельскохозяйственных растений Амурской области за 1927 год // Амурская госсельскохозяйственная опытная станция, руководитель Н. Н. Масловский, исполнитель: А. Н. Одинцов, А. И. Перетятко. Благовещенск: арх. фонд ВНИИ сои, 1927. Арх. № 28. С. 38–39.
6. Энгельгардт В. М. Вредители бобов сои в Дальневосточном крае. Никольск-Уссурийский. 1927. С. 85–117.
7. Энгельгардт В. М. Список вредителей сельскохозяйственных культур Дальневосточного края // Защита растений от вредителей. 1928. № 5 (1). С. 50–56.
8. Энгельгардт В. М., Мищенко А. И. Соевая зерновая моль. Владивосток: ОГИЗ-Далькрай-отделение, 1930. 33 с.
9. Верещагин В. А. Борьба с вредителями и болезнями соевых бобов // Соя на Амуре. Благовещенск: Типо-литография «Книжное дело», 1930. 80 с.
10. Энгельгардт В. М., Мищенко А. И. Вредители соевых бобов (*Glycine hispida* Max.) ДВК // Болезни и вредители соевых бобов на Дальнем Востоке. Владивосток, Книжное дело. 1931. С. 85–117.
11. Мищенко А. И. Насекомые-вредители полевых и овощных культур Дальнего Востока. Хабаровск: Дальгиз, 1940. 194 с.
12. Мищенко А. И. Насекомые-вредители сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. Благовещенск: Хабаровское книжное издательство, 1957. 208 с.
13. Иванова А. Н., Холопова З. В. Вредители и болезни сои и меры борьбы с ними // Приморское краевое управления сельского хозяйства. Дальневосточная станция защиты растений. Владивосток: Приморское книжное издательство, 1956. 31 с.
14. Золотницкий В. А. Соя на Дальнем Востоке. Хабаровское книжное издательство, 1962. 248 с.
15. Мищенко А. И. Главнейшие вредители сои и борьба с ними / под общей ред. И. Г. Штарберга // Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции. Хабаровское книжное издательство, 1968. Т. 2. С. 66–72.
16. Мащенко Н. В. О значении севооборота в борьбе с соевой полосатой блошкой с клубеньковой мухой // Научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ. 1978. Выпуск № 13. С. 20–23.
17. Мащенко Н. В. Значение севооборота в снижении численности подгрызающих совков на полевых культурах Приамурья // Научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ. 1979. Выпуск № 16, 17. С. 20–27.
18. Мащенко Н. В. Стёпкин Н. М. Поражаемость сои вредителями и болезнями при возделывании её в севообороте и монокультуре // Биология, селекция и возделывание сои. Благовещенск, 1971. С. 57–59.

19. Машенко Н. В. Основные задачи и направления интегрированной борьбы с вредителями сои в Приамурье // СО ВАСХНИЛ. Научно-технический бюллетень. 1984. № 21. С. 3–8.
20. Машенко Н. В., Вышегородцева Н. П. Влияние сроков посева сои на повреждаемость бобов вредителями // СО ВАСХНИЛ. Научно-технический бюллетень. 1988. С. 72–75.
21. Машенко Н. В. Повреждение семян сои вредителями и изменение их посевных качеств // СО ВАСХНИЛ. Научно-технический бюллетень. 1983. № 11. С. 40–47.
22. Машенко Н. В. Насекомые-вредители сои в Приамурье. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. С. 59–62.
23. Машенко Н. В. Фитосанитарный мониторинг сои (ботаническая характеристика, фенология сои, зональное размещение посевов, каталог вредных членистоногих). Благовещенск: ОАО «ПКИ «Зея», 2008. 191 с.
24. Машенко Н. В. Наиболее распространённые вредители сои в Приамурье и меры борьбы с ними. Благовещенск: ОАО «ПКИ «Зея», 2012. 32 с.
25. Машенко Н. В., Ефремов В. Ф. Развитие совки чёрной в Амурской области // Животный мир Дальнего Востока. 1977. Вып. 1. С. 101–107.
26. Машенко Н. В. Распространение почвенного минёра и факторы, определяющие его вредоносность // СО ВАСХНИЛ. Научно-технический бюллетень. 1990. № 4. С. 3–6.
27. Машенко Н. В., Винзовский А. В. Зональность распространения и вредоносность насекомых вредителей сои в Приамурье // СО ВАСХНИЛ. Научно-технический бюллетень. 1984. № 21. С. 9–16.
28. Серебренникова Н. И., Ситникова А. И. К изучению соевой полосатой блошки в условиях Амурской области // Труды Благовещенского СХИ. 1970. Т. 5. С. 105–108.
29. Серебренникова Н. И., Куликова Л. С., Жуковская С. А. Вредители сои // Защита растений. 1986. № 5. С. 52–56.
30. Гунина А. М. Результаты исследований по защите сои от болезней и вредителей на Дальнем Востоке // Научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ. 1978. Выпуск 13. С. 3–13.
31. Дубровин А. Н., Новосадов И. Н. Проблемы использования приёмов борьбы с основными вредителями и болезнями сои // Защита и карантин растений. 2015. № 11. С. 32–34.
32. Дубровин А. Н., Новосадов И. Н. Итоги работы по борьбе с вредителями и болезнями сои // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока: Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции, посвящённой 45-летию создания Всероссийского НИИ сои: в 2-х томах, Благовещенск, 09–10 апреля 2013 года. Всероссийский научно-исследовательский институт сои. Благовещенск: ООО «Типография», 2013. Том 1. С. 89–92.
33. Дубровин А. Н., Новосадов И. Н., Синеговская В. Т. Системный подход в изучении приёмов защиты растений сои от вредителей в условиях Приамурья // Инновационные процессы и технологии в современном сельском хозяйстве: Материалы международной научно-практической конференции: в 2-х частях, Благовещенск, 02–04 декабря 2014 года. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2014. Часть 2. С. 44–49.
34. Машенко Н. В., Дубровин А. Н. Влияние элементов технологии на распространение вредных насекомых в посевах сои // Земледелие. 2010. № 3. С. 33–35.
35. Дубровин А. Н., Новосадов И. Н., Синеговская В. Т. Влияние основных способов обработок почвы на выживаемость зимующего комплекса членистоногих // Адаптивные технологии в растениеводстве Амурской области, Благовещенск, 11 апреля 2012 года. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2012. Том 8. С. 26–30.
36. Дубровин А. Н. Применение химических средств борьбы с основными вредителями сои: Методическое пособие; ФГБНУ ВНИИ сои. Благовещенск: ООО «Типография», 2014. 16 с.
37. Дубровин А. Н., Новосадов И. Н. Технологические приёмы оптимизации фитосанитарного состояния соевого агроценоза // Методические рекомендации. ФГБНУ ВНИИ сои. Благовещенск: ИПК «ОДЕОН». 2016. 20 с.
38. Кузьмин А. А. Обзор фауны насекомых отряда прямокрылых (INSECTA, ORTHOPTERA) соевого агроценоза в условиях Амурской области // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвящённой 50-летию образования Всероссийского НИИ сои. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2018. С. 113–122.
39. Кузьмин А. А. Пяденицы (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE) – вредители сои в Амурской области // XV Съезд Русского энтомологического общества: Материалы съезда. Новосибирск: «Издательство Гарамонд», 2017. С. 274–275.
40. Кузьмин А. А. Бабочки (*Lepidoptera*) – вредители сои в Амурской области // Агронаука. 2023. Т. 1. № 3. С. 39–50. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-39-50>
41. Кузьмин А. А. Совки подсемейства *Heliothinae* Boisduval, 1828 (*lepidoptera, noctuidae*) вредители сои в Амурской области // АгроФорум. 2024. № 2. С. 44–45.

42. Анисимов Н. С. Топическое распределение насекомых-вредителей в соевом агроценозе на юге Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 3. С. 5–12. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-13029>
43. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Анализ эффективности методов мониторинга энтомофауны в соевых агроценозах Амурской области // Вестник ДВО РАН. 2018. № 3. С. 108–113.
44. Анисимов Н. С. Проблема оценки вредоносности отдельных видов насекомых соевых агроценозов Амурской области // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2019. № 30. С. 223–228. <http://doi.org/10.25221/kurentzov.30.21>
45. Kuzmin A. A., Anisimov N. S., Malashonok A. A. Soybean moth *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae): harmfulness in the conditions of the south of the Amur region // Scientific support for the sustainable development of agro-industrial complex, Khabarovsk, 16–17 июля 2020 года. London: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012026.
46. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Оценка эффективности раннего применения инсектицидов против листоеда *Monolepta quadriguttata* (Coleoptera, Chrysomelidae) в Амурской области // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S4-1(20). С. 41.
47. Синеговский М. О., Кузьмин А. А. Состояние, перспективы и фитосанитарные риски производства сои // Защита и карантин растений. 2020. № 10. С. 7–12.
48. 100 вопросов и ответов о возделывании сои: рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий / А. А. Кузьмин, Е. Т. Наумченко, К. А. Никульчев [и др.]. Благовещенск: ООО «Одеон», 2021. 79 с.
49. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Вредители сои в Амурской области, их распространение и стациональная приуроченность // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 2. С. 42–54.
50. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосеяния / В. И. Заостровных, А. А. Кадунов, Л. К. Дубовицкая, О. А. Рязанова // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. Выпуск № 4 (48). С. 51–67.

References

1. Glavagronom: Nazvany TOP-5 regionov-liderov po ploshchadi pod soei v 2024 godu [Glavagronom: TOP-5 leading regions in terms of area under soybeans in 2024 have been named]. Available from: <https://glavagronom.ru/news/nazvany-top-5-regionov-liderov-po-ploshchadi-pod-soey-v-2024-godu> (Accessed 12 February 2025). (in Russ.).
2. Kuzmin AA. Osobennosti rasprostraneniya zabolevaniy soi na territorii Amurskoi oblasti [Features of the spread of soybean diseases in the Amur region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023;17:2: 31–44. (in Russ.).
3. Borowiec L. Revision of the genus *Spermophagus* Schoenherr (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). *Genus Supplement*. 1991;1:198 p.
4. Kaufmann MJ, Gerdemann JW. Root and stem rot soybean caused by *Phytophthora sojae* n. sp. *Phytopathology*. 1958;48:201–208.
5. Head Maslovsky NN, performers: Odintsov AN, Peretyatko AI. *Otchet o provedenii obsledovatel'skikh i issledovatel'skikh rabot po vreditelyam sel'skokhozyaistvennykh rastenii Amurskoi oblasti za 1927 god* [Report on the survey and research work on pests of agricultural plants in the Amur Region for 1927]. Amur State Agricultural Experimental Station, Blagoveshchensk: archive fund of the All-Russian Research Institute of Soybeans, 1927;28:38–39. (in Russ.).
6. Engelhardt VM. *Vrediteli bobov soi v Dal'nevostochnom krae* [Soybean Pests in the Far Eastern Region]. Nikolsk-Ussuriysky. 1927;85–117. (in Russ.).
7. Engelhardt VM. Spisok vreditel' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Dal'nevostochnogo kraia [List of Pests of Agricultural Crops in the Far Eastern Region]. *Zashchita rastenii ot vreditel'ei. Plant Protection from Pests*. 1928;5:1:50–56. (in Russ.).
8. Engelhardt VM, Mishchenko AI. *Soevaya zernovaya mol'* [Soybean grain moth]. Vladivostok: OGIZ-Dalkrai-otdelenie, 1930;33 p. (in Russ.).
9. Vereshchagin VA. Bor'ba s vreditelyami i boleznyami soevykh bobov [Pest and disease control of soybeans]. *Soya na Amure. Soya on the Amur*. Blagoveshchensk: Typo-lithography "Knizhnoe Delo", 1930;80 p. (in Russ.).
10. Engelhardt VM, Mishchenko AI. Vrediteli soevykh bobov (*Glycine hispida* Max.) DVK [Soybean pests (*Glycine hispida* Max.) DVK]. *Bolezni i vrediteli soevykh bobov na Dal'nem Vostoke. Diseases and pests of soybeans in the Far East*. Vladivostok, Knizhnoe Delo. 1931:85–117. (in Russ.).
11. Mishchenko AI. *Nasekomye-vrediteli polevykh i ovoshchnykh kul'tur Dal'nego Vostoka* [Insect pests of field and vegetable crops of the Far East]. Khabarovsk: Dalgiz, 1940;194 p. (in Russ.).
12. Mishchenko AI. *Nasekomye-vrediteli sel'skokhozyaistvennykh rastenii Dal'nego Vostoka* [Insect pests

of agricultural plants of the Far East]. Blagoveshchensk: Khabarovsk Book Publishing House, 1957;208 p. (in Russ.).

13. Ivanova AN, Kholopova ZV. Vrediteli i bolezni soi i mery bor'by s nimi [Pests and diseases of soybeans and measures to combat them]. *Primorskoe kraevoe upravleniya sel'skogo khozyaistva. Primorsky Krai Administration of Agriculture. Far Eastern Plant Protection Station*. Vladivostok: Primorsky Book Publishing House, 1956;31 p.

14. Zolotnitsky VA. Soya na Dal'nem Vostoke [Soybean in the Far East]. Khabarovsk Book Publishing House, 1962;248 p. (in Russ.).

15. Mishchenko AI, Starberg IG. [eds.] Glavneishie vrediteli soi i bor'ba s nimi [The main pests of soybeans and their control]. *Trudy Amurskoi sel'skokhozyaistvennoi opytnoi stantsii. Works of the Amur Agricultural Experimental Station*. Khabarovsk Book Publishing House, 1968;2:66–72. (in Russ.).

16. Mashchenko NV. O znachenii sevooborota v bor'be s soevoi polosatoi bloshkoi c kluben'kovoi mukhoi [On the Importance of Crop Rotation in the Fight Against the Soybean Striped Flea Beetle and the Nodule Fly]. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and Technical Bulletin of the Siberian Branch of the Academy of Agricultural Sciences*. 1978;13:20–23. (in Russ.).

17. Mashchenko NV. Znachenie sevooborota v snizhenii chislennosti podgryzayushchikh sovok na polevykh kul'turakh Priamur'ya [The Importance of Crop Rotation in Reducing the Number of Cutworms on Field Crops in the Amur Region]. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and Technical Bulletin of the Siberian Branch of the Academy of Agricultural Sciences*. 1979;16;17:20–27. (in Russ.).

18. Mashchenko NV, Stepkin NM. Porazhaemost' soi vreditelyami i boleznyami pri vozdeleyvanii ee v sevooborote i monokulture [Susceptibility of soybeans to pests and diseases during their cultivation in crop rotation and monoculture]. *Biologiya, selektsiya i vozdeleyvanie soi. Biology, selection and cultivation of soybeans*. Blagoveshchensk, 1971;57–59. (in Russ.).

19. Mashchenko NV. Osnovnye zadachi i napravleniya integrirovannoi bor'by s vreditelyami soi v Priamur'e [Main tasks and directions of integrated pest control of soybeans in the Amur region]. *SO VASKhNIL. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and technical bulletin*. 1984;21:3–8. (in Russ.).

20. Mashchenko NV, Vyshegorodtseva NP. Vyshegorodtseva N. P. Vliyanie srokov poseva soi na povrezhdaemost' bobov vreditelyami [Effect of soybean sowing dates on bean damage by pests]. *SO VASKhNIL. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and technical bulletin*. 1988;72–75. (in Russ.).

21. Mashchenko NV. Povrezhdenie semyan soi vreditelyami i izmenenie ikh posevnykh kachestv [Damage to soybean seeds by pests and changes in their sowing qualities]. *SO VASKhNIL. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and technical bulletin*. 1983;11:40–47. (in Russ.).

22. Mashchenko NV. Nasekomye-vrediteli soi v Priamur'e [Insect pests of soybeans in the Amur region]. Novosibirsk: SO VASKhNIL, 1984;59–62. (in Russ.).

23. Mashchenko NV. Fitosanitarnyi monitoring soi (botanicheskaya kharakteristika, fenologiya soi, zonal'noe razmeshchenie posevov, katalog vrednykh chlenistonogikh) [Phytosanitary monitoring of soybeans (botanical characteristics, soybean phenology, zonal placement of crops, catalog of harmful arthropods)]. Blagoveshchensk: OAO PKI Zeya, 2008;191 p. (in Russ.).

24. Mashchenko NV. Naibolee rasprostranennyye vrediteli soi v Priamur'e i mery bor'by s nimi [The most common pests of soybeans in the Amur region and measures to combat them]. Blagoveshchensk: OAO PKI Zeya, 2012;32 p. (in Russ.).

25. Mashchenko NV, Efremov VF. Razvitie sovki chernoi v Amurskoi oblasti [Development of the black moth in the Amur region]. *Zhivotnyi mir Dal'nego Vostoka. Animal World of the Far East*. 1977;1:101–107. (in Russ.).

26. Mashchenko NV. Rasprostranenie pochvennogo minera i faktory, opredelyayushchie ego vredonosnost' [Distribution of the soil miner and factors determining its harmfulness]. *SO VASKhNIL. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and technical bulletin*. 1990;4:3–6. (in Russ.).

27. Mashchenko NV, Vinzovsky AV. Zonal'nost' rasprostraneniya i vredonosnost' nasekomykh vreditel'ei soi v Priamur'e [Distribution zonality and harmfulness of soybean insect pests in the Amur region]. *SO VASKhNIL. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and technical bulletin*. 1984. No. 21. Pp. 9–16. (in Russ.).

28. Serebrennikova NI, Sitnikova AI. K izucheniyu soevoi polosatoi bloshki v usloviyakh Amurskoi oblasti [On the study of the soybean striped flea beetle in the conditions of the Amur region]. *Trudy Blagoveshchenskogo SKhI. Proceedings of the Blagoveshchensk Agricultural Institute*. 1970;5:105–108. (in Russ.).

29. Serebrennikova NI, Kulikova LS, Zhukovskaya SA. Vrediteli soi [Soybean pests]. *Zashchita rastenii. Plant protection*. 1986;5:52–56. (in Russ.).

30. Gunina AM. Rezul'taty issledovaniy po zashchite soi ot boleznei i vrediteli na Dal'nem Vostoke [Results of studies on the protection of soybeans from diseases and pests in the Far East]. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL. Scientific and Technical Bulletin of the Siberian Branch of the All-Union Academy of Agricultural Sciences*. 1978;13:3–13. (in Russ.).
31. Dubrovin AN, Novosadov IN. Problemy ispol'zovaniya priemov bor'by s osnovnymi vreditelyami i boleznyami soi [Problems of using methods to combat the main pests and diseases of soybeans]. *Zashchita i karantin rastenii. Plant protection and quarantine*. 2015;11:32–34. (in Russ.).
32. Dubrovin AN, Novosadov IN. Itogi raboty po bor'be s vreditelyami i boleznyami soi [Results of work on combating pests and diseases of soybeans]. *Agrarnye problemy nauchnogo obespecheniya Dal'nego Vostoka: Sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 45-letiyu sozdaniya Vserossiiskogo NII soi: v 2-kh tomakh, Blagoveshchensk, 09–10 aprelya 2013 goda. Agrarian problems of scientific support of the Far East: Collection of scientific papers based on the materials of the scientific and practical conference dedicated to the 45th anniversary of the establishment of the All-Russian Research Institute of Soybeans: in 2 volumes, Blagoveshchensk, 9–10 April 2013. All-Russian Research Institute of Soybeans*. Blagoveshchensk: OOO Typography, 2013;1:89–92. (in Russ.).
33. Dubrovin AN, Novosadov IN, Sinegovskaya VT. Sistemnyi podkhod v izuchenii priemov zashchity rastenii soi ot vrediteli v usloviyakh Priamur'ya [Systems approach to studying methods of protecting soybean plants from pests in the Amur region]. *Innovatsionnye protsessy i tekhnologii v sovremennom sel'skom khozyaistve: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2-kh chastyakh, Blagoveshchensk, 02–04 dekabrya 2014 goda. Innovative processes and technologies in modern agriculture: Proceedings of the international scientific and practical conference: in 2 parts, Blagoveshchensk, December 2–4, 2014*. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2014;2:44–49. (in Russ.).
34. Mashchenko NV, Dubrovin AN. Vliyanie elementov tekhnologii na rasprostranenie vrednykh nasekomykh v posevakh soi [Influence of technology elements on the spread of harmful insects in soybean crops]. *Zemledelie. Agriculture*. 2010;3:33–35. (in Russ.).
35. Dubrovin AN, Novosadov IN, Sinegovskaya VT. Vliyanie osnovnykh sposobov obrabotok pochvy na vyzhivaemost' zimuyushchego kompleksa chlenistonogikh [Effect of the main methods of soil cultivation on the survival of the wintering complex of arthropods]. *Adaptivnye tekhnologii v rastenievodstve Amurskoi oblasti, Blagoveshchensk, 11 aprelya 2012 goda. Adaptive technologies in plant growing of the Amur region, Blagoveshchensk, 11 April 2012*. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2012;8:26–30. (in Russ.).
36. Dubrovin AN. *Primenenie khimicheskikh sredstv bor'by s osnovnymi vreditelyami soi: Metodicheskoe posobie* [Application of chemical means of control of the main pests of soybeans: Methodological manual]. Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Soybeans. Blagoveshchensk: OOO "Tipografiya", 2014;16p. (in Russ.).
37. Dubrovin AN, Novosadov IN. *Tekhnologicheskie priemy optimizatsii fitosanitarnogo sostoyaniya soevogo agrotsenoza* [Technological methods of optimization of the phytosanitary condition of soybean agrocenosis]. *Metodicheskie rekomendatsii. Methodological recommendations. Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Soybeans*. Blagoveshchensk: IPK "ODEON". 2016;20p. (in Russ.).
38. Kuzmin AA. Obzor fauny nasekomykh otryada pryamokrylykh (INSECTA, ORTHOPTERA) soevogo agrotsenoza v usloviyakh Amurskoi oblasti [Review of the fauna of insects of the order Orthoptera (INSECTA, ORTHOPTERA) of the soybean agrocenosis in the conditions of the Amur region]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva soi: problemy i perspektivy. Sbornik nauchnykh statei po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 50-letiyu obrazovaniya Vserossiiskogo NII soi. Scientific support for soybean production: problems and prospects. Collection of scientific articles based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the All-Russian Research Institute of Soybeans*. Blagoveshchensk: OOO IPK ODEON, 2018;113–122. (in Russ.).
39. Kuzmin AA. Pyadenitsy (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE) – vrediteli soi v Amurskoi oblasti [Geometrid moths (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE) – pests of soybeans in the Amur region]. *XV S"ezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva: Materialy s"ezda. XV Congress of the Russian Entomological Society: Proceedings of the Congress*. Novosibirsk: Izdatelstvo Garamond, 2017;274–275. (in Russ.).
40. Kuzmin AA. Babochki (Lepidoptera) – vrediteli soi v Amurskoi oblasti [Butterflies (Lepidoptera) – soybean pests in the Amur region]. *Agronauka. Agrosience*. 2023;1:3:39–50. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-39-50>
41. Kuzmin AA. Sovki podsemeistva Heliiothinae Boisduval, 1828 (lepidoptera, noctuidae) vrediteli soi v Amurskoi oblasti [Noctuids of the subfamily Heliiothinae Boisduval, 1828 (lepidoptera, noctuidae) are soybean pests in the Amur region]. *AgrOForum. AgroForum*. 2024;2:44–45. (in Russ.).
42. Anisimov NS. Topicheskoe raspredelenie nasekomykh-vrediteli v soevom agrotsenoze na yuge

Amurskoi oblasti [Topical distribution of insect pests in the soybean agrocenosis in the south of the Amur region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2019;3:5–12. (in Russ.). <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-13029>

43. Kuzmin AA, Anisimov NS. Analiz effektivnosti metodov monitoringa entomofauny v soevykh agrotsenozakh Amurskoi oblasti [Analysis of the efficiency of methods for monitoring entomofauna in soybean agrocenoses of the Amur Region]. *Vestnik DVO RAN. Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2018;3:108–113. (in Russ.).

44. Anisimov NS. Problema otsenki vredonosnosti otdel'nykh vidov nasekomykh soevykh agrotsenozov Amurskoi oblasti [The problem of assessing the harmfulness of individual species of insects in soybean agrocenoses of the Amur Region]. *Chteniya pamyati Aleksey Ivanovicha Kurentsova. Readings in memory of Alexey Ivanovich Kurentsov*. 2019;30:223–228. (in Russ.). <http://doi.org/10.25221/kurentsov.30.21>

45. Kuzmin AA, Anisimov NS, Malashonok AA. Soybean moth *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae): harmfulness in the conditions of the south of the Amur region [Soybean moth *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae): harmfulness in the conditions of the south of the Amur region]. *Scientific support for the sustainable development of agro-industrial complex, Khabarovsk, 16–17 iyulya 2020 goda. Scientific support for the sustainable development of agro-industrial complex, Khabarovsk, 16–17 July 2020*. London: Institute of Physics Publishing, 2020;012026. (in Russ.).

46. Kuzmin AA, Anisimov NS. Otsenka effektivnosti rannego primeneniya insektitsidov protiv listoeda *Monolepta quadriguttata* (Coleoptera, Chrysomelidae) v Amurskoi oblasti [Evaluation of the effectiveness of early application of insecticides against the leaf beetle *Monolepta quadriguttata* (Coleoptera, Chrysomelidae) in the Amur region]. *Phytosanitary. Fitosanitariya. Karantin rastenii. Plant quarantine*. 2024;S4:1:20:41. (in Russ.).

47. Sinegovsky MO, Kuzmin AA. Sostoyanie, perspektivy i fitosanitarnye riski proizvodstva soi [Status, Prospects, and Phytosanitary Risks of Soybean Production]. *Zashchita i karantin rastenii. Plant Protection and Quarantine*. 2020;10:7–12. (in Russ.).

48. Kuzmin AA, Naumchenko ET, Nikulchev KA. [et al.]. *100 voprosov i otvetov o vozdeleyvanii soi: rekomendatsii dlya rukovoditelei i spetsialistov sel'skokhozyaistvennykh predpriyatii* [100 Questions and Answers about Soybean Cultivation: Recommendations for Managers and Specialists of Agricultural Enterprises]. Blagoveshchensk: Odeon LLC, 2021;79p. (in Russ.).

49. Kuzmin AA, Anisimov NS. Vrediteli soi v Amurskoi oblasti, ikh rasprostraneniye i statsial'naya priurochennost' [Soybean Pests in the Amur Region, Their Distribution, and Stationary Attribution]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2024;18:2:42–54. (in Russ.).

50. Zaostrovnykh VI, Kadurov AA, Dubovitskaya LK, Ryazanova OA. Monitoring vidovogo sostava boleznei soi v razlichnykh zonakh soeseyaniya [Monitoring the species composition of soybean diseases in different soybean cultivation zones]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2018;4:48:51–67. (in Russ.).

Информация об авторе

А. А. Кузьмин – ст. науч. сотр.

Information about the author

A. A. Kuzmin – Senior Researcher

**Статья поступила в редакцию 17.02.2025;
одобрена после рецензирования 24.02.2025;
принята к публикации 25.02.2025**

**The article was submitted 17.02.2025;
approved after reviewing 24.02.2025;
accepted for publication 25.02.2025**

Научная статья

УДК 579.852.1:633.34

EDN: RYNOSK

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-62-76>

СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА РИЗОБИЙ СОИ ПРИАМУРЬЯ

Мария Владимировна Якименко, Игорь Юрьевич Татаренко, Арина Игоревна Сорокина, Яна Сергеевна Гутор, Анфиса Владимировна Чепелева

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, tigy@vniisoi.ru

Аннотация. Статья посвящена истории создания коллекции чистых культур ризобий сои в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский институт сои». Дальневосточный регион представляет собой уникальную экосистему, в которой в почвах широко распространены природные популяции клубеньковых бактерий сои, играющие ключевую роль в симбиотической фиксации азота и повышении продуктивности растений. В данной работе систематизированы данные о разнообразии ризобий, выделенных из природных популяций Амурской области, Приморского и Хабаровского краёв, а также пограничных районов Китая. Подробно описана уникальная коллекция, созданная на базе Всероссийского научно-исследовательского института сои и состоящая из 247 штаммов, таких как *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii* и *Bradyrhizobium elkanii*, включая типовые штаммы. Показано, что коллекционные штаммы отличаются по происхождению и свойствам, что делает их объектами большого интереса для дальнейших исследований и отбора наиболее эффективных культур. Кроме того, запатентованные штаммы *B. japonicum* 639a, 648a, AC-17, CM-42, BM-85, MM-117, а также *S. fredii* БД-32, КБ-11, ББ-49, ББ-55, ТБ-467, ТБ-508 и ТБ-643 прошли государственные испытания и могут быть использованы при производстве бактериальных препаратов. Результаты исследования подчёркивают важность сохранения генофонда ризобий для развития устойчивого сельского хозяйства, снижения зависимости сельхозпроизводства от химических удобрений и обеспечения продовольственной безопасности страны.

Ключевые слова: ризобии, генофонд, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii*, *Bradyrhizobium elkanii*, симбиотическая фиксация азота, коллекция штаммов, Приамурье, сельское хозяйство.

Для цитирования: Сохранение и использование генофонда ризобий сои Приамурья / М. В. Якименко, И. Ю. Татаренко, А. И. Сорокина, Я. С. Гутор, А. В. Чепелева // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 62–76. EDN: RYNOSK. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-62-76>

Original article

CONSERVATION AND USE OF THE SOYBEAN RHIZOBIA GENE POOL IN AMUR REGION

Maria V. Yakimenko, Igor Y. Tatarenko, Arina I. Sorokina, Yana S. Gutor, Anfisa V. Chepeleva

All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans, Blagoveshchensk, Russia, tigy@vniisoi.ru

Abstract. The article is devoted to the history of the creation of a collection of pure cultures of soybean rhizobia in the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Soybean". The Far Eastern region is a unique ecosystem in which natural populations of soybean nodule bacteria are widespread in the soils, playing a key role in symbiotic nitrogen fixation and increasing plant productivity. This work systematizes data on the diversity of rhizobia isolated from natural populations of the Amur Region, Primorsky and Khabarovsk Territories, as well as the border regions of China. A unique collection created on the basis of the All-Russian Research Institute of Soybean and consisting of 247 strains, such as *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii* and *Bradyrhizobium elkanii*, including type

© Якименко М. В., Татаренко И. Ю., Сорокина А. И., Гутор Я. С., Чепелева А. В., 2025

strains, is described in detail. It has been shown that the collection strains differ in origin and properties, which makes them objects of great interest for further research and selection of the most effective crops. In addition, the patented strains *B. japonicum* 639a, 648a, AC-17, CM-42, BM-85, MM-117, as well as *S. fredii* BD-32, KB-11, BB-49, BB-55, TB-467, TB-508 and TB-643 have passed state tests and can be used in the production of bacterial preparations. The results of the study emphasize the importance of preserving the rhizobia gene pool for the development of sustainable agriculture, reducing the dependence of agricultural production on chemical fertilizers and ensuring food security of the country.

Keywords: rhizobia, gene pool, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii*, *Bradyrhizobium elkanii*, symbiotic nitrogen fixation, strain collection, Amur region, agriculture.

For citation: Yakimenko MV, Tatarenko IYu, Sorokina AI, Gutor YaS, Chepeleva AV. Sokhranenie i ispol'zovanie genofonda rizobii soi [Conservation and use of the soybean rhizobia gene pool in Amur region]. *Agronauka. Agrosience*. 2025;3:1:62–76 (in Russ.). EDN: RYNOSK. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-62-76>

Введение

Дальневосточный соесеющий регион является уникальным в России, поскольку здесь в почвах повсеместно распространены природные популяции клубеньковых бактерий сои. Эти микроорганизмы играют важную роль в стимуляции роста растений, что подчёркивает необходимость углублённого изучения их свойств и активного использования в современном сельском хозяйстве [1, 2]. Формирование природных популяций ризобий в данном регионе исторически связано с распространением дикорастущей (уссурийской) сои, а позднее – с расширением посевов культурной сои. Таким образом, дальневосточные популяции ризобий представляют собой ценный природный ресурс, позволяющий отбирать штаммы с наиболее полезными хозяйственными свойствами. В 1959 году из клубеньков сои сорта Амурская 262, возделываемой в Амурской области, сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии был выделен в чистую культуру штамм клубеньковых бактерий сои 646. Этот штамм длительное время использовался для производства бактериального удобрения для сои на биозаводах страны. С 1975 года во Всероссийском научно-исследовательском институте сои с использованием методов аналитической селекции было начато систематическое выделение чистых культур ризобий из природных популяций этих микроорганизмов с целью от-

бора наиболее ценных штаммов [4]. Долгое время исследования ризобий на Дальнем Востоке ограничивались изучением вида *Rhizobium japonicum*, поскольку считалось, что амурская популяция специфична для сои ризобий представлена исключительно медленно растущим видом [5]. Однако после публикаций зарубежных исследователей, обнаруживших в почвах Дальнего Востока быстрорастущие бактерии, способные к эффективному симбиозу с соей, представления о разнообразии ризобий, нодулирующих сою, значительно изменились [6]. Современные методы генетического анализа позволили пересмотреть классификацию клубеньковых бактерий. В результате из рода *Rhizobium* были выделены два самостоятельных рода – *Bradyrhizobium* и *Sinorhizobium*, а позднее из вида *Bradyrhizobium japonicum* – вид *Bradyrhizobium elkanii* [7, 8]. Это послужило основанием для классификации выделяемых из дальневосточных популяций ризобий: быстрорастущие формы стали относить к *Sinorhizobium fredii*, а медленно растущие – к *Bradyrhizobium japonicum* [9, 10].

Важным этапом в изучении дальневосточных ризобий стали исследования 2012–2015 годов, в ходе которых из природных популяций Амурской и Магаданской областей были впервые выделены штаммы, предположительно отнесённые к новому виду *B. elkanii*. Эти штаммы продемонстрировали способность к нодуляции не только сои, но и растений вигны (*V. radiata*, *V. unguiculata*, *V. unguiculata*) [11].

Актуальность исследований. В условиях растущей потребности в устойчивом и экологически безопасном земледелии изучение ризобий приобретает особую значимость благодаря их способности к симбиотической фиксации атмосферного азота. Результатом исследования природных популяций клубеньковых бактерий сои на территории Амурской области стала коллекция, состоящая из 247 штаммов ризобий сои, включая типовые, которая представляет собой уникальный научный ресурс. Она позволяет изучать видовое разнообразие и различные свойства этих микроорганизмов, а также применять их в сельскохозяйственной практике для повышения урожайности сои и других бобовых культур.

История создания этой коллекции – важный этап в развитии сельскохозяйственной микробиологии и агробиотехнологии. Однако до настоящего времени этот аспект оставался недостаточно изученным и систематизированным. Проведение анализа накопленного материала позволит не только восполнить этот пробел, но и выявить новые перспективы для его использования в современной сельскохозяйственной практике.

Кроме того, данное исследование актуально для отечественной науки, так как способствует развитию научного потенциала в области микробиологии и агробиотехнологии, что особенно важно в условиях импортозамещения и необходимости обеспечения продовольственной безопасности страны.

Новизна исследований. Впервые было проведено системное исследование истории создания и развития коллекции чистых культур *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii* и *Bradyrhizobium elkanii* в ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Полученные данные позволяют проследить путь от выделения и идентификации до применения этих микроорганизмов в сельскохозяйственной практике. Результаты работы открывают новые перспективы для дальнейших исследований, включая изучение свойств штаммов ризобий в условиях изменения климата

и антропогенного воздействия на почвы. Также важно расширять коллекцию за счёт аборигенных штаммов других видов ризобий сои, а также штаммов из различных регионов мира и исследовать их взаимодействие с другими культурами.

Цель исследований – изучение и систематизация исторических аспектов создания и развития коллекции чистых культур *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii* и *Bradyrhizobium elkanii* в ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, чтобы продемонстрировать ключевые этапы работы с данными микроорганизмами и их потенциал для применения в современной сельскохозяйственной науке и практике.

Результаты и обсуждение

Коллекция чистых культур ризобий Всероссийского научно-исследовательского института сои, выделенных из природных популяций этих микроорганизмов восточноазиатского региона методами аналитической селекции, по состоянию на 18.02.2025 включает 242 штамма. Из них 92 штамма отнесены к виду *Bradyrhizobium japonicum*, 68 штаммов – к *Sinorhizobium fredii* и 82 штамма – к *Bradyrhizobium elkanii* (рисунок 1).

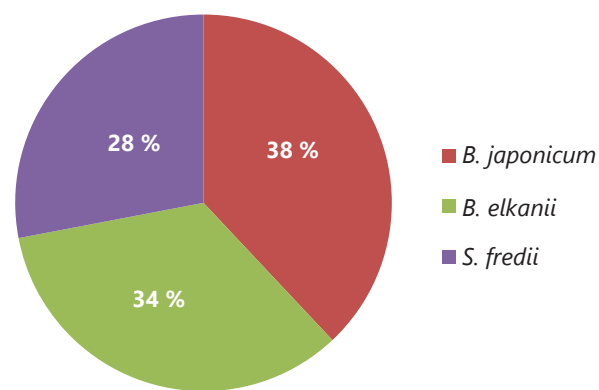


Рисунок 1 – Количество штаммов ризобий *B. japonicum*, *S. fredii*, *B. elkanii* в коллекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои

Figure 1 – Number of strains of rhizobia *B. japonicum*, *S. fredii*, *B. elkanii* in the collection of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of Soybean Research Institute

При разработке профиля коллекции учитывался тот факт, что Дальневосточный регион – самый перспективный в отечественном соевом производстве и единственный в России, где в почвах повсеместно распространены природные популяции клубеньковых бактерий сои. Основой для развития коллекции послужило авторское собрание чистых культур ризобий С. А. Бегуна (ведущего научного сотрудника лаборатории биологических исследований по 2021 год включительно), начатое в 1974 году в связи с изучением этой группы микроорганизмов в аспекте использования их в качестве альтернативы азотным удобрениям при производстве сои. Коллекция распола-

гает типовыми штаммами: КНРм (получен из китайской коллекции), ВКМ В-1967 (получен из Всероссийской коллекции микроорганизмов Института биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г. К. Скрыбина, г. Пушино) – для *B. japonicum*, 5851 – для *S. fredii* и 11554 – для *B. elkanii* (получены из немецкой коллекции микроорганизмов и клеточных культур Института Лейбница (DSMZ), г. Брауншвейг), КНРб – для *S. fredii* (получен из китайской коллекции). Бактериальный генофонд специализированной коллекции непрерывно пополняется штаммами, свежeweделенными из природных субстратов (рисунок 2). Аналоги такой коллекции отсутствуют.

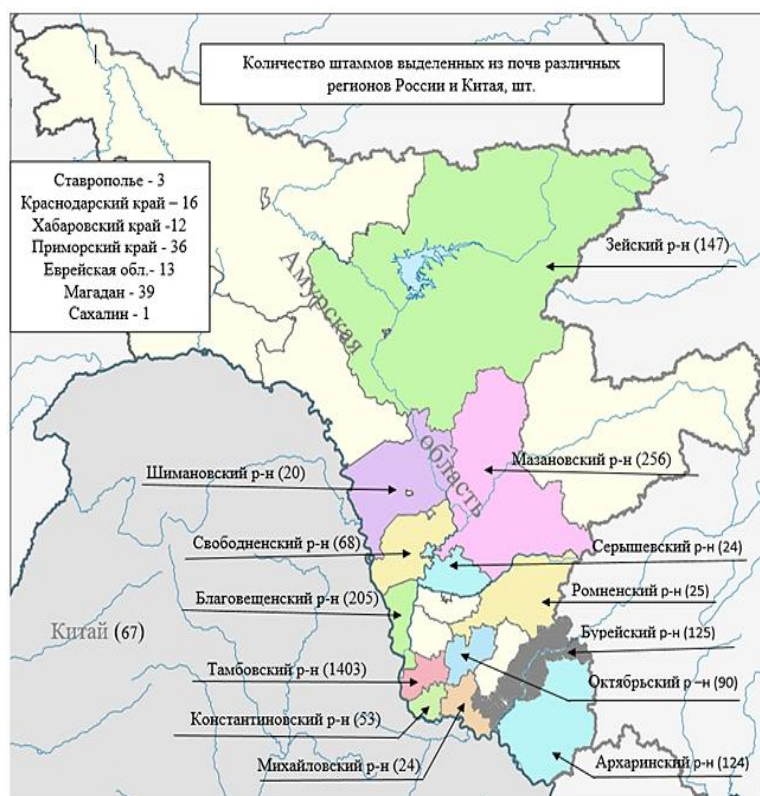


Рисунок 2 – Карта-схема происхождения коллекционных штаммов ризобий ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои

Figure 2 – Map-scheme of the origin of collection strains of rhizobia Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of Soybean Research Institute

Коллекционные штаммы *Bradyrhizobium japonicum* выделены, в основном, из природных популяций ризобий соеяющих регионов Амурской области, частично Еврейской автономной области, Хабаровского и

Приморского краёв, а также пограничных районов Китайской Народной Республики. Выделение в чистую культуру ризобий проводилось из клубеньков культурной и дикорастущей сои (таблица 1).

Таблица 1 – Происхождение коллекционных штаммов *Bradyrhizobium japonicum* (92 штамма)**Table 1 – Origin of collection strains of *Bradyrhizobium japonicum* (92 strains)**

Район	Классификация сои	Сроки выделения штамма	Коллекционный номер штамма
1	2	3	4
Серышевский	сорт Окухара	8 августа, 1975	ТО-13 (639а)
Зейский, г. Зея	дикорастущая соя	27 июля, 1977	ЗД-4 (648а)
Тамбовский, с. Садовое	сорт Смена (N ₁₈₀ P ₆₀)	5 июля, 1976	ТС-16
	сорт Смена (N ₃₆₀)	8 сентября, 1977	ТА-40
Архаринский, с. Отважное	сорт Смена (N ₈₀ P ₆₀)	13 июля, 1976	АС-17
		20 июля, 1977	АС-26
Тамбовский, с. Садовое	дикорастущая соя	13 июля, 1978	ТД-55
Михайловский, с. Ивановка	дикорастущая соя	25 июля, 1978	Мид-10
Зейский, г. Зея	сорт Янтарная	9 августа, 1984	ЗА-20
Тамбовский, с. Садовое	сорт Смена	19 августа, 1980	ТА-125
	сорт Аврора	24 августа, 1981	ТС-196
	сортообразец Зс	6 августа, 1987	ТС-289
г. Благовещенск, окрестности ВНИИ сои	дикорастущая соя	18 июля, 1985	БД-14
		18 июля, 1990	БД-43
		24 июля, 1995	БМ-58
			БМ-59
	4 августа, 2003	БМ-83	
Благовещенский, с. Зазейское	дикорастущая соя	6 августа, 2003	БМ-85
	культурная соя		БМ-88
			БМ-91
г. Благовещенск, окрестности ВНИИ сои	дикорастущая соя	5 августа, 2004	БМ-100
Бурейский, п. Прогресс, п. Талакан, с. Бахирево	дикорастущая соя	24 июля, 1981	Буд-23
		13 июля, 1990	Буд-63
		18 августа, 2004	ВМ-6
			ВМ-8
			ВМ-9
			ВМ-10
			ВМ-11
			ВМ-13
	культурная соя		ВМ-16
Зейский, г. Зея	дикорастущая соя	13 августа, 2007	ЗМ-75
			ЗМ-80
Мазановский, с. Белоярово	сорт Бейхудо	3 августа, 1989	МС-63
	сорт ВНИИС 1	17 июля, 1995	ММ-107
	сорт Октябрь 70	11 июля, 1996	ММ-117
	дикорастущая соя	11 июля, 1996	ММ-120
	культурная соя	14 августа, 2001	ММ-122
	сорт Соер	1 августа, 2003	ММ-125
	культурная соя	2 августа, 2006	ММ-133
			ММ-138
			ММ-140

Окончание таблицы 1				
1		2	3	4
Октябрьский, с. Романовка, с. Борисоглебка, ур. Татьянавка		сорт ВНИИС 1	29 июля, 1988	ОС-36
		дикорастущая соя	22 августа, 2002	ОМ-37
				ОМ-38
				ОМ-39
		культурная соя	11 августа, 2004	ОМ-41
				ОМ-44
Свободненский, с. Буссе		сорт Октябрь 70	29 июля, 1993	СМ-40
				СМ-41
				СМ-42
				СМ-44
		сорт ВНИИС 1		СМ-47
				СМ-48
Тамбовский, с. Садовое, с. Корфово		сорт Хабаровская 4	18 августа, 1993	ТМ-412
		сорт Октябрь 70		ТМ-418
		сорт Восход	5 августа, 1994	ТМ-437
		сорт Октябрь 70	25 июля, 1995	ТМ-445
			31 июля, 1996	ТМ-455
				ТМ-460
			1 августа, 1997	ТМ-464
		ТМ-469		
		культурная соя	12 августа, 1997	ТМ-484
		сорт Октябрь 70	5 августа, 1999	ТМ-517
сорт МС-30	30 августа, 2000	ТМ-537		
Тамбовский, с. Козьмодемьяновка		культурная соя	7 августа, 2001	ТМ-553
				ТМ-556
				ТМ-557
				ТМ-558
				ТМ-561
		сорт ВНИИС 1	20 августа, 2002	ТМ-565
				ТМ-568
				ТМ-569
				ТМ-571
				ТМ-578
Тамбовский, с. Садовое		сортообразец 3с	12 августа, 2002	ТМ-580
		сорт Соната		ТМ-641
		сорт Банан	5 августа, 2003	ТМ-644
		культурная соя	1 августа, 2007	ТМ-646
		соя из Японии	28 июля, 2014	
Еврейская автономная область, с. Башмак		сорт Гармония	9 августа, 2004	ЕМ-2
				ЕМ-7
г. Хабаровск, ДальНИИСХ		дикорастущая соя	10 августа, 1981	815
Приморский край, ПримНИИСХ, оз. Ханка		дикорастущая соя	17 июля, 1985	854
		сорт Приморская 494	2 августа, 1994	943
Китайская Народная Республика	г. Харбин г. Хейхэ г. Удалянчи	культурная соя	26 августа, 2002	022
			12 августа, 2004	041
			16 августа, 2005	052
				054
			21 августа, 2007	072
			12 августа, 2009	091
				095
				096
				097

Первый коллекционный штамм сои ТО-13 (639a) выделен в чистую культуру из клубеньков позднеспелого сорта сои Окухара, выращенной на бурой лесной почве Серышевского района Амурской области в 1975 году С. А. Бегуном, и отнесён к медленно-растущему виду *Bradyrhizobium japonicum*. На вышеуказанный штамм в 1982 году получено авторское свидетельство № 1007328. В 1976 и 1977 годах из клубеньков хорошо развитых растений сои сорта Смена, выращиваемой на почвах Архаринского района, выделены и оставлены в коллекции штаммы ризобий вида *Bradyrhizobium japonicum* AC-17 и AC-26. В 1987 году на штамм AC-17 получено авторское свидетельство № 1524432. В 1990–2004 годах из клубеньков дикорастущей и культурной сои, отобранной в окрестностях г. Благовещенска, выделено в чистую культуру и оставлено в коллекции 7 штаммов (индекс БМ) *Bradyrhizobium japonicum*. На штамм БМ-85 (ВКМ 2456 D) получен патент на изобретение № 2413762. В 1981–2004 годах из клубеньков дикорастущей и культурной сои, произрастающей в Бурейском районе Амурской области, выделено и оставлено в коллекции 9 штаммов ризобий с индексами Буд и ВМ. Из клубеньков дикорастущей сои и сои сорта Янтарная, произрастающей в Зейском районе Амурской области, в отдельные годы (1977, 1984, 2007), выделено в чистую культуру и оставлено в коллекции 4 штамма с индексами ЗД, ЗА, ЗМ. В 1984 году на штамм ЗД-4 (648a) получено авторское свидетельство № 1221865. Штаммы ризобий сои 639a, 638a, AC-17 прошли многолетние испытания в Географической сети опытов с нитрагином в различных регионах нашей страны, где показали высокую эффективность в посевах сои. В 1978 году из клубеньков дикорастущей сои, произрастающей в Михайловском районе выделен и оставлен в коллекции штамм Мид-10. В разные годы (1989, 1995, 1996, 2001, 2003 и 2006) из клубеньков сортовой сои, выращиваемой в Мазановском районе, Амурской области, выделено в чистую культуру и оставлено в коллекции 8 штаммов ризобий (индекс ММ) *Bradyrhizobium japonicum*.

На штамм ММ-117 (ВКМ 2629 D) в 2015 году получен патент на изобретение № 2568067. В 1988, 2002 и 2004 годах из клубеньков дикорастущей и культурной сои, произрастающей в Октябрьском районе Амурской области, выделено и оставлено в коллекции 6 штаммов ризобий с индексами ОС и ОМ. В 1993 году из клубеньков сои сортов Октябрь 70 и ВНИИС 1, выращиваемых в Свободненском районе Амурской области, выделено в чистую культуру и оставлено в коллекции 6 штаммов ризобий с индексом СМ. На штамм ризобий СМ-42 (ВКМ 2455 D) в 2011 году получен патент на изобретение № 2415925. В течение длительного времени (1975–2015 гг.) из клубеньков различных сортов сои, выращиваемых на почвах Тамбовского района Амурской области, выделено и оставлено в коллекции 25 штаммов *Bradyrhizobium japonicum*. Все эти штаммы ризобий получили основной индекс ТМ. Из почв Тамбовского района выделен в 1974 году и первый штамм ризобий сои ТА-1. Из клубеньков дикорастущей и культурной сои, произрастающей в других регионах Дальнего Востока (Хабаровский и Приморский края, Еврейская автономная область, пограничные районы Китая), выделено в чистую культуру и оставлено в коллекции 14 штаммов *Bradyrhizobium japonicum*. В Амурской области по результатам производственных опытов в хозяйствах Архаринского, Тамбовского, Завитинского, Михайловского, Ромненского районов, урожай семян сои от инокуляции коллекционными штаммами *Bradyrhizobium japonicum* повышался, в среднем на 0,8...4,4 ц/га в сравнении с контролем (по фону активных природных популяций ризобий). Все коллекционные штаммы *B. japonicum* дают хороший или обильный рост на средах МРС и МДА с маннитом, 10 % – показывают слабый рост на МПА. На 180 сутки после посева и хранения в холодильнике штаммы ризобий этого вида сохраняют хороший рост бактериальной массы, приобретая молочно-белую, прозрачно-молочно-белую, и реже иную окраски маслообразной консистенции (рисунк 3).

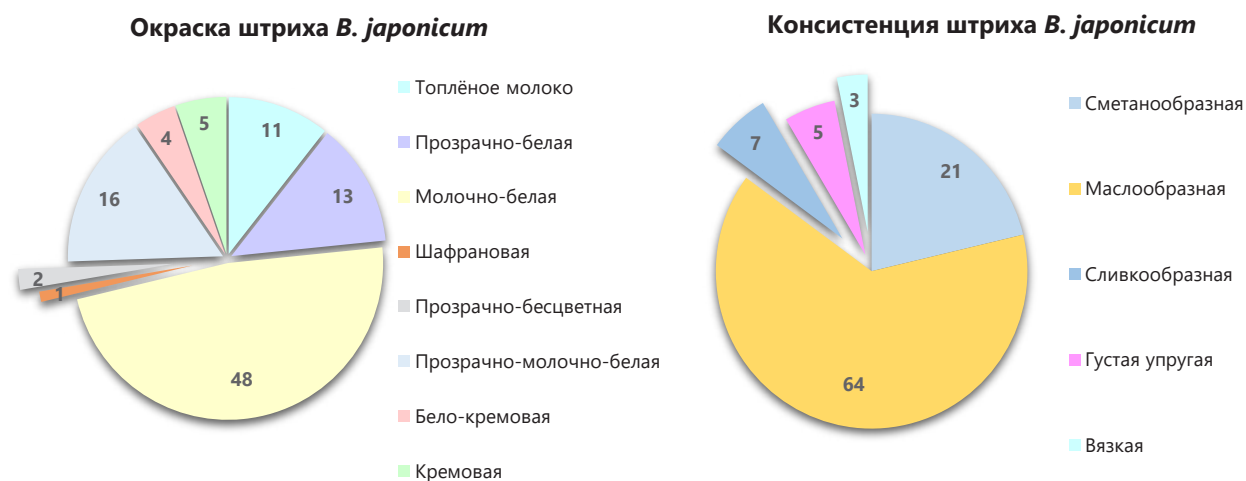


Рисунок 3 – Показатели окраски и консистенции бактериальной массы чистых культур *B. japonicum* на 180-е сутки после посева на МРС, %

Figure 3 – Colour and consistency indices of the bacterial mass of pure cultures of *B. japonicum* on the 180th day after sowing on MRS, %

Коллекционные штаммы *Sinorhizobium fredii* выделены в чистую культуру из клубеньков дикорастущей и культурной сои, произрастающей в различных регионах Амурской области, 7 штаммов этого вида выделено в чистую культуру из клубеньков культурной сои, выращиваемой в Приморском крае, Еврейской автономной области и пограничных районах северного Китая (таблица 2). Первый штамм ризобий быстрорастущего вида *Sinorhizobium fredii* (Буд-2) был выделен в чистую культуру из клубеньков дикорастущей сои, произрастающей на бурых лесных почвах Бурейского района Амурской области в 1978 году. Мас-совое выделение чистых культур этого вида

и их изучение было продолжено только в 90-х годах 20 века, после официального признания нового вида ризобий сои и на-работке методических подходов по поиску и выделению в чистую культуру штаммов *Sinorhizobium fredii*. В 2017 году в коллекцию были включены 7 штаммов ризобий сои вида *Sinorhizobium fredii* (индекс ББ), выде-ленных в чистую культуру из клубеньков ди-корастущей и культурной сои, произрастаю-щей в окрестностях города Благовещенска. На штамм ризобий этого вида БД-32 было получено авторское свидетельство (В. П. Со-ловьев), на штаммы ББ-49 и ББ-55 – патенты на изобретения № 2415924, № 2586490, со-ответственно.

Таблица 2 – Происхождение коллекционных штаммов *Sinorhizobium fredii* (68 штаммов)

Table 2 – Origin of collection strains of *Sinorhizobium fredii* (68 strains)

Район	Классификация сои	Сроки выделения штамма	Коллекционный номер штамма
1	2	3	4
г. Благовещенск, окрестности ВНИИ сои	дикорастущая соя	25 июля, 1986	БД-32
		21 июля, 1992	ББ-49
		24 июля, 1995	ББ-55
		8 августа, 2001	ББ-77
	культурная соя	6 августа, 2003	ББ-87
	дикорастущая соя		ББ-90
Бурейский, г. Райчихинск с. Семёновка	дикорастущая соя	11 августа, 2005	ББ-112
	культурная соя	25 июля, 1978	Буд-2
		13 июля, 1990	Буд-57
Зейский, г. Зей	дикорастущая соя	8 августа, 2005	ББ-26
		13 августа, 2007	ЗБ-79

Продолжение таблицы 2				
1	2	3	4	
Константиновский, с. Н. Полтавка	сорт ВНИИС 1	1 августа, 1989	КБ-11	
	сорт Янтарная		КБ-24	
Мазановский, с. Белоярово	сорт Yaldrain	23 августа, 1991	МБ-85	
	культурная соя		МБ-86	
	сорт ВНИИС 1	17 июля, 1995	МБ-103	
	сорт Октябрь 70	11 июля, 1996	МБ-112	
	культурная соя	2 августа, 2006	МБ-139	
Октябрьский, с. Романовка	культурная соя	11 августа, 2004	ОБ-43	
			ОБ-46	
			ОБ-47	
Свободненский, с. Буссе, с. Бузули	сорт Октябрь 70	29 июля, 1993	СБ-38	
			СБ-39	
			СБ-43	
	культурная соя,	14 августа, 2001	СБ-51	
Тамбовский, с. Раздольное, с. Садовое, с. Козьмодемьяновка	сорт Смена	1 августа, 1989	ТБ-331	
	сорт MON-03	20 июля, 1991	ТБ-371	
	сорт Sluna		ТБ-372	
	сорт Хабаровская 117		ТБ-376	
	сорт Sche-01		ТБ-378	
	сорт MON-09	18 августа, 1993	ТБ-407	
	сорт Октябрь 70		ТБ-417	
			ТБ-418	
	сорт Гибрид 260		5 августа, 1994	ТБ-422
	сорт Октябрь 70	25 июля, 1995	ТБ-427	
		31 июля, 1996	ТБ-452	
			ТБ-456	
	китайская соя*	9 августа, 1997	ТБ-461	
				ТБ-467
				ТБ-478
				ТБ-488
				ТБ-490
		сорт Октябрь 70	18 августа, 1998	ТБ-491
				ТБ-492
ТБ-498				
ТБ-508				
сорт Харьковская 66		5 августа, 1999	ТБ-511	
			ТБ-518	
сорт Октябрь 70			ТБ-522	
			ТБ-524	
сорт Гритиказ		7 августа, 2001	ТБ-547	
сорт ВНИИС 1*			ТБ-563	
сорт МС-30		5 августа, 2003	ТБ-588	
сорт Соната		4 августа, 2004	ТБ-589	
			ТБ-593	
			ТБ-594	
культурная соя (сильная засуха)		5 августа, 2005	ТБ-606	
культурная соя (июль без осадков)	1 августа, 2007	ТБ-640		
		ТБ-642		
		ТБ-643		

Окончание таблицы 2				
1		2	3	4
Еврейская автономная область, с. Башмак		сорт Гармония	9 августа, 2004	ЕБ-3
Приморский край	оз. Ханка оз. Хасан	сорт Приморская 494	2 августа, 1994	945
		культурная соя	2 августа, 2006	065
Китайская Народная Республика	г. Удалянци	культурная соя	16 августа, 2005	061
				062
	г. Хейхэ	культурная соя	21 августа, 2007	071
				073

По 2–4 штамма ризобий сои вида *Sinorhizobium fredii* были включены в коллекцию из почв Бурейского (индекс Буд, ВБ), Зейского (индекс ЗБ), Константиновского (индекс КБ), Мазановского (индекс МБ), Октябрьского (индекс ОБ) и Свободненского (индекс СБ) районов. На штамм КБ-11 получен патент на изобретение № 2413707 в 2011 году. Из почв Тамбовского района Амурской области (индекс ТБ) выделены в чистую культуру 36 штаммов ризобий сои вида *Sinorhizobium fredii*, включённых в лабораторную коллекцию. На штаммы ризо-

бий ТБ-467, ТБ-508, ТБ-643 в 2016 году были получены патенты на изобретение №№ 2586521, 2586525, 2586519. При посеве на питательные среды МРС, МДА с маннитом семисуточные культуры *Sinorhizobium fredii* демонстрируют обильный рост штриха чистой культуры, 98 % ризобий этого вида растут на МПА. На 180 суток после посева и хранения в холодильнике штаммы ризобий этого вида показывают типичную прозрачно-белую окраску бактериальной массы маслообразной консистенции (рисунок 4).

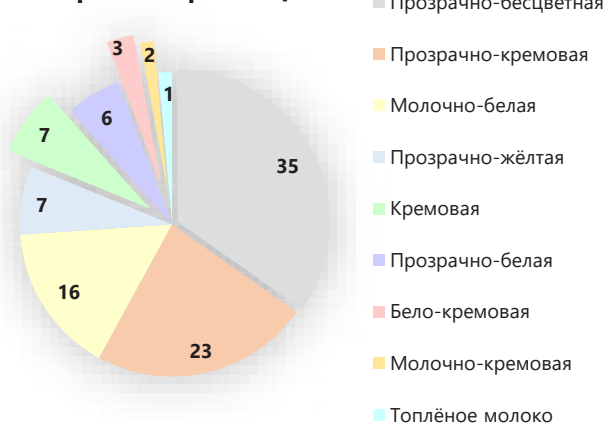
Окраска штриха *S. fredii*Консистенция штриха *S. fredii*

Рисунок 4 – Показатели окраски и консистенции бактериальной массы чистых культур *S. fredii* на 180-е сутки после посева на МРС, %

Figure 4 – Colour and consistency indices of the bacterial mass of pure cultures of *S. fredii* on the 180th day after sowing on MRS, %

Коллекционные штаммы ризобий, отнесённые к *B. elkanii*, в отличие от штаммов *S. fredii* и *B. japonicum* выделены из клубеньков не только сои, но и вигны трёх видов (*V. radiata*, *V. unguiculata*, *V. angularis*) (табли-

ца 3). В 1999–2014 годах из клубеньков *V. angularis*, в 2012–2015 годах из клубеньков *V. radiata*, *V. unguiculata*, выращиваемых на луговой чернозёмовидной почве Тамбовского района, выделено в чистую культуру

и оставлено в коллекции 19 штаммов ризобий с индексом ФЗ (*V. angularis*) и 47 штаммов ризобий с индексом Ву (*V. unguiculata*), Вр (*V. radiata*).

Таблица 3 – Происхождение коллекционных штаммов *Bradyrhizobium elkanii* (82 штамма)

Table 3 – Origin of collection strains of *Bradyrhizobium elkanii* (82 strains)

Район	Вигна, сортообразец (сои)	Сроки выделения штамма	Коллекционный номер штамма
1	2	3	4
Амурская область, Тамбовский район, с. Садовое	<i>V. angularis</i>	5 августа, 1999	ФЗ-1
			ФЗ-3
		23 августа, 2000	ФЗ-5
		12 августа, 2002	ФЗ-7
		4 августа, 2004	ФЗ-9
		5 августа, 2005	ФЗ-14
			ФЗ-15
			ФЗ-17
			ФЗ-19
			ФЗ-20
		15 августа, 2012	ФЗ-22
			ФЗ-23
			ФЗ-25
			ФЗ-27
		28 июля, 2014	ФЗ-28
			ФЗ-29
			ФЗ-30
			ФЗ-31
			ФЗ-32
Амурская область, Тамбовский район, с. Садовое	<i>V. unguiculata</i>	15 августа, 2012	Ву-4
			Ву-5
			Ву-6
			Ву-8
			Ву-9
			Ву-10
			Ву-11
			Ву-12
		28 июля, 2014	Ву-13
			Ву-14
			Ву-15
			Ву-18
			Ву-19
		7 сентября, 2015	Ву-20
			Ву-22
			Ву-23
			Ву-25
			Ву-26
			Ву-30
			Ву-31

Окончание таблицы 3			
1	2	3	4
Амурская область, Тамбовский район, с. Садовое	<i>V. unguiculata</i> , к. 460, к. 463	7 сентября, 2015	Ву-33
		27 июля, 2019	Ву-34
			Ву-35
			Ву-37
			Ву-38
			Ву-40
Амурская область, Тамбовский район, с. Садовое	<i>V. radiata</i> , к. 3096, к. 3098	15 августа, 2012	Вр-1
			Вр-3
			Вр-4
			Вр-5
			Вр-9
			Вр-11
			Вр-13
			Вр-15
		28 июля, 2014	Вр-20
			Вр-21
			Вр-22
			Вр-23
			Вр-24
			Вр-25
			Вр-26
		7 сентября, 2015	Вр-29
Магаданская область, г. Магадан	<i>V. unguiculata</i> , к. 460	18 июня, 2014	Мд-0
			Мд-1
			Мд-2
			Мд-3
			Мд-5
			Мд-6
			Мд-7
Сахалинская область, г. Ю. Сахалинск	<i>V. radiata</i> , к. 3098	25 июня, 2014	Мд-12
		7 октября, 2015	Вр-31
		27 июля, 2019	Вр-33
			Вр-34
			Вр-36
			Вр-38
			Вр-39
		27 июля, 2019	ХС-1
			ХС-2
			ХС-8
			ХС-9
			ХС-10
			ХС-12
			ХС-13

Из клубеньков *V. unguiculata*, выращенной на почве, полученной из Магаданской области, в 2014 году было выделено и

оставлено в коллекции 8 штаммов ризобий с индексом Мд. Из клубеньков скуднорастущей сои в 2019 году впервые были вы-

делены в чистую культуру штаммы, предположительно относящиеся к виду *B. elkanii*. В коллекции оставлено 7 штаммов с индексом ХС. На штаммы Ву-4, Ву-5, Ву-6, Ву-9, Ву-10, Ву-11, Ву-25, Вр-1, ФЗ-28, Мд-0 в 2024 году получены свидетельства о депонировании, в настоящее время проводится процедура патентования вышеперечисленных штаммов. Коллекционные штаммы *B. elkanii* дают хороший или обильный рост штриха чистой культуры на средах МРС и МДА с маннитом, более половины (60 %) не растут на МПА. На 180 суток после посева и хранения в холодильнике у штаммов *B. elkanii* преобладает молочно-белая, прозрачно-бесцветная окраска и маслообразная консистенция бактериальной массы (рисунок 5).

Таким образом, в коллекцию чистых культур ризобий ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои входят 94 штамма *B. japonicum*, включая типовые В-1967, КНРм; 70 штаммов *S. fredii*, включая типовые КНР6, 5851; 83 штамма *B. elkanii*, включая типовой 11554. Коллекционные штаммы имеют различное происхождение и свойства, представляют большой интерес для дальнейшего изучения и отбора наиболее эффективных культур. Штаммы *B. japonicum* 639а, 648а, АС-17, СМ-42, БМ-85, ММ-117, *S. fredii* БД-32, КБ-11, ББ-49, ББ-55, ТБ-467, ТБ-508, ТБ-643 прошли государственные испытания и могут быть использованы при производстве бактериального препарата.

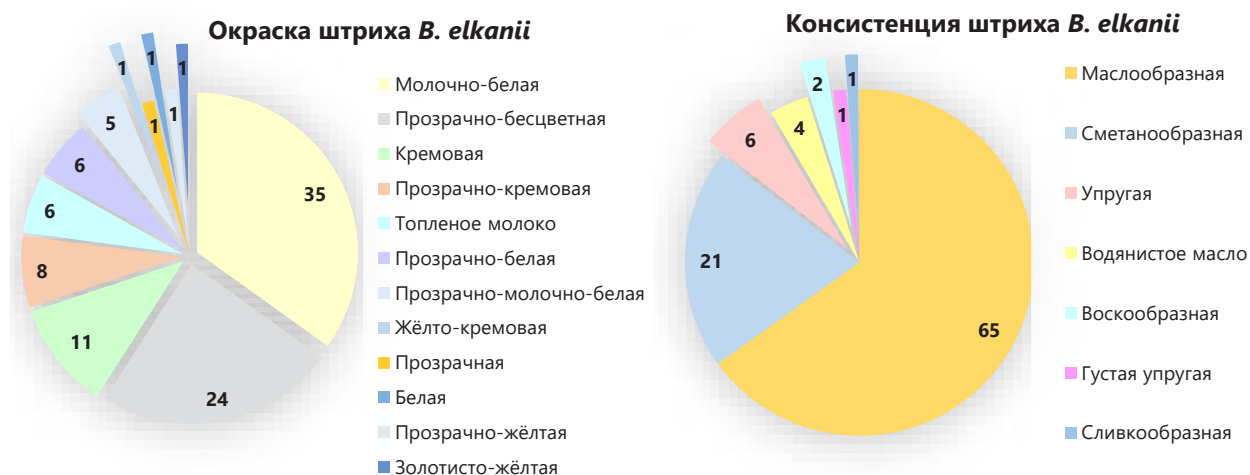


Рисунок 5 – Показатели окраски и консистенции бактериальной массы чистых культур *B. elkanii* на 180-е сутки после посева на МРС, %

Figure 5 – Colour and consistency indices of the bacterial mass of pure cultures of *B. elkanii* on the 180th day after sowing on MRS, %

Выводы

Исследование подчёркивает уникальность генофонда ризобий сои Приамурья, представленного штаммами *B. japonicum*, *S. fredii* и *B. elkanii*. Эти штаммы обладают разнообразными свойствами, которые играют ключевую роль в симбиотической фиксации азота, способствуя повышению продуктивности сои и снижению зависимости от химических удобрений в агротехнологиях. Созданная в результате данного исследования коллекция амурских природных по-

пуляций клубеньковых бактерий сои, включающая 247 штаммов ризобий, в том числе типовые, представляет собой уникальный научный ресурс. Она позволяет не только изучать видовое разнообразие и характеристики этих микроорганизмов, но и применять их в сельскохозяйственной практике для повышения урожайности сои и других бобовых культур.

Исторический анализ методов выделения, идентификации и изучения штаммов подчёркивает эволюцию научных подходов

в микробиологии. Современные методы генетического анализа позволили уточнить классификацию ризобий и выделить новые виды, такие как *Bradyrhizobium elkanii*. Практическая значимость исследования заключается в содействии развитию устойчивого сельского хозяйства, поскольку использование штаммов ризобий с высокими симбиотическими свойствами может значительно повысить урожайность сои без дополнительных затрат на химические удобрения и способствовать экологизации сельскохозяйственного производства.

Перспективы дальнейших исследований в области ризобий открывают множество возможностей для углублённого понимания их устойчивости к изменениям климата и влиянию антропогенных факторов на почвенные экосистемы. Одним из направлений может стать расширение коллекции за счёт включения аборигенных штаммов ризобий сои из различных регионов мира, что позволит исследовать их адаптационные механизмы и потенциал в условиях местного

агроклимата. Кроме того, интересным будет изучение взаимодействия этих штаммов с другими сельскохозяйственными культурами, что может привести к открытию новых симбиотических связей и, как следствие, к повышению урожайности.

Сохранение и рациональное использование генофонда ризобий имеет особое значение для обеспечения продовольственной безопасности России. Это становится особенно актуальным в условиях импортозамещения и необходимости создания устойчивых систем сельского хозяйства, способных к самовоспроизводству и снижению зависимости от внешних ресурсов. Важным аспектом также является необходимость укрепления международного сотрудничества в микробиологии и агробиотехнологиях. Обмен штаммами, методами исследований и опытом с другими странами, такими как Китай, может значительно ускорить развитие науки и практики в этой инновационной области.

Список источников

1. Ferguson B. J., Mens C., Hastwell A. H., [et al.] Legume nodulation: The host controls the party // Plant, Cell & Environment. 2018. Vol. 42. № 1. Pp. 41–51. EDN: KYVMGJ. <https://doi.org/10.1111/pce.13348>
2. Система земледелия Амурской области / отв. ред. В. А. Тильба. Благовещенск: ПКИ «Приамурье», 2003. 304 с. ISBN: 5-902286-02-6.
3. Авторское свидетельство № 491695. Штамм клубеньковых бактерий сои *Rhizobium japonicum* 646 – активный симбиотический азотфиксатор / Л. М. Доросинский, И. В. Загорье, А. Т. Новикова, Н. М. Лазарева. ВНИИСХМ. 1975. 1 с.
4. Якименко М. В., Бегун С. А. Основные направления исследований дальневосточных природных популяций ризобий // Вестник ДВО РАН. 2016. № 2. С. 45–49.
5. Новикова Н. И. Современные представления о филогении и систематике клубеньковых бактерий // Микробиология. 1996. Т. 65. № 5. С. 437–450.
6. Santos M. S., Nogueira M. A., Hungria M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture // AMB Express. 2019. Vol. 9. № 1. P. 205. EDN: BHTBEI. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>
7. Brambilla S., Stritzler M., Soto G., Ayub N. A synthesis of functional contributions of rhizobacteria to growth promotion in diverse crops // Rhizosphere. 2022. Vol. 24. 100611. EDN: ORQYIS. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100611>
8. Concha C., Doerner P. The impact of the rhizobia-legume symbiosis on host root system architecture // Journal of Experimental Botany. 2020. Vol. 71. № 13. Pp. 3902–3921. EDN: GQMZYB. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa198>
9. Nakei M. D., Venkataramana P. B., Ndakidemi P. A. Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2022. 6. P. 824444. EDN: EEVTIT. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.824444>
10. Herridge D. F., Giller K. E., Jensen E. S., Peoples M. B. Quantifying country-to-global scale nitrogen fixation for grain legumes II. Coefficients, templates and estimates for soybean, groundnut and pulses // Plant and Soil. 2022. Vol. 474. № 1–2. Pp. 1–15. EDN: EWYIEE. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05166-7>
11. Якименко М. В., Татаренко И. Ю., Сорокина А. И. Выделение в чистую культуру штаммов ризо-

бий из клубеньков вигны и сои // Агронаука. 2024. Том 2. № 1. С. 61–69. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-61-69>.

References

1. Ferguson BJ, Mens C., Hastwell AH, [et al.] Legume nodulation: The host controls the party. *Plant, Cell & Environment*. 2018;42:1:41–51. EDN: KYVMGJ. <https://doi.org/10.1111/pce.13348>
2. Тильба ВА. (eds.). *Sistema zemledeliya Amurskoi oblasti [Farming system of the Amur region]*. Blagoveshchensk: PKI "Priamurye", 2003;304 p. ISBN: 5-902286-02-6. (in Russ.).
3. Dorosinsky LM, Zagorje IV, Novikova AT, Lazareva NM. Avtorskoe svidetel'stvo № 491695. *Shtamm kluben'kovykh bakterii soi Rhizobium japonicum 646 – aktivnyi simbioticheskii azotfiksator [Author's certificate No. 491695. Strain of soybean nodule bacteria Rhizobium japonicum 646 – active symbiotic nitrogen fixer]*. VNIISKHM. 1975;1p. (in Russ.).
4. Yakimenko MV, Begoun SA. Osnovnye napravleniya issledovaniy dal'nevostochnykh prirodnykh populyatsii rizobii [Main directions of research of Far Eastern natural populations of rhizobia]. *Vestnik DVO RAN. Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2016;2:45–49. (in Russ.).
5. Novikova NI. Sovremennye predstavleniya o filogenii i sistematike kluben'kovykh bakterii [Modern concepts of the phylogeny and systematics of nodule bacteria]. *Mikrobiologiya. Microbiology*. 1996;65:5:437–450. (in Russ.).
6. Santos MS, Nogueira MA, Hungria M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *AMB Express*. 2019;9:1:205. EDN: BHTBEI. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>
7. Brambilla S, Stritzler M, Soto G, Ayub N. A synthesis of functional contributions of rhizobacteria to growth promotion in diverse crops. *Rhizosphere*. 2022;24:100611. EDN: ORQYIS. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100611>
8. Concha C, Doerner P. The impact of the rhizobia–legume symbiosis on host root system architecture. *Journal of Experimental Botany*. 2020;71:13:3902–3921. EDN: GQMZYB. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa198>
9. Nakei MD, Venkataramana PB, Ndakidemi PA. Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022;6:824444. EDN: EEVTIT. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.824444>
10. Herridge DF, Giller KE, Jensen ES, Peoples MB. Quantifying country-to-global scale nitrogen fixation for grain legumes II. Coefficients, templates and estimates for soybean, groundnut and pulses. *Plant and Soil*. 2022; 474:1–2:1–15. EDN: EWYIEE. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05166-7>
11. Yakimenko MV, Tatarenko IYu, Sorokina AI. Vydelenie v chistuyu kul'turu shtammov rizobii iz kluben'kov vigny i soi [Isolation of rhizobia strains from cowpea and soybean nodules into pure culture]. *Agronauka. Agrosience*. 2024;2:1:61–69. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-61-69>

Информация об авторах

М. В. Якименко – канд. биол. наук, вед. науч. сотр.;
И. Ю. Татаренко – ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук;
А. И. Сорокина – канд. вет. наук, вед. науч. сотр.;
Я. С. Гутор – мл. науч. сотр.;
А. В. Чепелева – мл. науч. сотр.

Information about the authors

M. V. Yakimenko – Cand. of Biol. Sci, Leading Researcher;
I. Yu. Tatarenko – Senior Researcher, Cand. of Agri. Sci.;
A. I. Sorokina – Cand. of Vet. Sci., Leading Researcher;
Ya. S. Gutor – Junior Researcher;
A. V. Chepeleva – Junior Researcher

**Статья поступила в редакцию 21.02.2025;
одобрена после рецензирования 25.02.2025;
принята к публикации 27.02.2025**

**The article was submitted 21.02.2025;
approved after reviewing 25.02.2025;
accepted for publication 27.02.2025**

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Научная статья

УДК 631.354.026

EDN: VUPLJM

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-77-87>

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА КОМБАЙНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОИ

Ирина Михайловна Присяжная, Серафима Павловна Присяжная,
Дмитрий Станиславович Котенко

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, irenpris@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в оценке качественных показателей зерна сои в зависимости от режимов обмолота, применяемых первым барабаном, подачи и влажности зерна, а также их влияния на повреждение и выход повреждённых семян в зоне промежуточного бitera и второго барабана. Определено, что дробление зерна сои при обмолоте на комбайнах с двухфазным обмолотом в различных зонах МСУ происходит неравномерно, при этом наибольшее повреждение наносит именно первый барабан. Исследования показали, что для увеличения производства сои важнейшее значение имеет качество семян, которое можно улучшить, снизив уровень дробления и микроповреждения зерна в процессе уборки. Агротехническая оценка качества зерна в бункере новых эффективных комбайнов выявила повышенное содержание сорной примеси (до 4,8 %), а также уровень дробления и микроповреждения, достигающий 9,1 %. Эти результаты подчёркивают необходимость проведения послеуборочной обработки для обеспечения получения качественных семян. Установлено, что на участке первого барабана сепарируется до 70 % обмолоченного зерна сои с минимальным уровнем дробления, который составляет 2,2...2,7 %. Это позволяет выделить качественные семена. Также было проанализировано значительное увеличение механического повреждения зерна при двухфазном обмолоте сои, что связано с высокой окружной скоростью бичей первого барабана, превышающей 14,0 м/с, низкой подачей в молотилку (менее 3 кг/с) и низкой влажностью зерна, доходящей до 9 %. Выявлены важные параметры, влияющие на качественные характеристики процесса обмолота, а также оценены действия нескольких факторов, влияющих на него. На основе технических характеристик новых моделей комбайнов была проанализирована скорость воздействия бичей барабанов и предложено использовать эти комбайны для уборки репродукционных семян, которые меньше вредят зерну сои.

Ключевые слова: соя, зерно, комбайн, барабан, обмолот, сепарация, влажность, дробление, окружная скорость бичей.

Для цитирования: Присяжная И. М., Присяжная С. П., Котенко Д. С. Оптимизация режимов работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна для повышения качества семян сои // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 77–87. EDN: VUPLJM. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-77-87>

Original article

OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF THE THRESHING AND SEPARATING DEVICE OF A COMBINE TO IMPROVE THE QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

Irina M. Prisyazhnaya, Serafima P. Prisyazhnaya, Dmitry S. Kotenko

All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans, Blagoveshchensk, Russia, irenpris@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to evaluate the quality indicators of soybean grain depending on the threshing modes used by the first drum, feed and grain moisture, as well as their impact on damage and the yield of damaged seeds in the intermediate beater zone and the second drum. Definitely, that the crushing of soybean grain during threshing in the IAS zones of the combine of two-phase threshing is not the same, where the first drum causes the most damage. Researched that an important role in increasing soybean production is played by the quality of soybean seeds, which can be increased by reducing the crushing and microdamage of the grain during its harvesting. Agro technical assessment of the quality of bunker grain from new efficient combine harvesters showed an increased content of weed impurities up to 4.8 %, crushing and microdamage up to 9.1 %, which requires post-harvest processing to obtain seeds. Justified, that on the site of the first drum, up to 70 % of threshed soybean grain is separated with a minimum crushing of 2.2...2.7 %, which, when isolated, ensures the production of high-quality seeds. Analyzed a significant increase in mechanical damage to the grain with biphasic threshing of soybeans, which occurs due to the high circumferential speed of the whips of the first drum over 14.0 m/s, low supply to the thresher (less than 3 kg/s) and at low grain humidity up to 9 %. Detected assessment of the quality indicators of the grinding process, depending on several existing factors. Based on the technical characteristics of the new harvesters produced analyzed the speed of the impact of drum whips and proposed the use of combine harvesters in harvesting reproductive seeds that are less damaging to soybean grain.

Keywords: soybean, grain, combine, drum, threshed, separated, wet, crushed, circumferential speed of whips.

For citation: Prisyazhnaya IM, Prisyazhnaya SP, Kotenko DS. Optimizatsiya rezhimov raboty molo-til'no-separiruyushchego ustroystva kombaina dlya povysheniya kachestva semyan soi [Optimization of operating modes of the threshing and separating device of a combine to improve the quality of soybean seeds]. *Agronauka. Agroscience*. 2025;3:1:77–87 (in Russ.). EDN: VUPLJM. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-77-87>

Введение

Соя широко используется как основной источник высококачественного белка в продуктах питания и кормления животных. Она обеспечивает 25 % потребления белка в мире, поэтому основной задачей сельского хозяйства является увеличение производства соевого зерна [1–3].

Анализ качества семян сои, высаживаемых в хозяйствах Амурской области, показывает, что в среднем за 50 лет только 77 % соевых полей засеивается кондиционными семенами. Важнейшим фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур является качество семян, которое можно улучшать снижением дробления зерна при уборке и обработке [4–6].

Климат на большей части территории Дальнего Востока в период уборки (октябрь) характеризуется малым выпадением осадков и низкой относительной влажностью воздуха, что приводит к снижению влажности растений и зерна, и как результат – к повышенному дроблению зерна при уборке, снижению зачётной массы товарного зерна при продаже и семенного – при подработке. Важная роль отводится снижению прямых и косвенных потерь урожая сои (содержание дробления и микроповреждения, составляющего до 10...15 % в товарном зерне и до 5...10 % в семенах) [7–9].

Несмотря на то, что к посеву допускаются только семена первого и второго классов и, как исключение, при отсутствии лучших семян разрешается использовать на общих

посевах семена третьего класса, в области высевается от 13 до 31 % некондиционных семян по причине отсутствия лучших [10–12].

Рабочие органы комбайна и транспортирующих устройств производят неодинаковое силовое воздействие на зерно сои в процессе разрушения его связи со створками бобов, выделения и транспортирования в бункер комбайна и повреждают его (таблица 1) [12]. Данные таблицы 1 показывают, что повреждение зерна сои при

уборке комбайном двухфазного обмолота по зонам МСУ неодинаково, наибольшее повреждение зерну наносит первый барабан (5,56 %). По величине силового воздействия выделяются два наиболее крупных участка, способных наносить значительные повреждения зерну, – молотильные устройства и транспортирующие рабочие органы. Механические повреждения молотильной частью, очисткой и соломотрясом составляют 54,26 %, шнеками и элеваторами – 45,74 %.

Таблица 1 – Повреждение семян сои рабочими органами комбайна

Table 1 – Damage to soybean seeds by combine harvester working parts

Рабочие органы	Повреждение зерна, %	
	К вымолоченному зерну	Нарастающие повреждения
Наклонная камера	0,53	0,53
Первый барабан	5,56	6,09
Промежуточный битер	0,61	6,70
Второй барабан	2,89	9,59
Отстойный битер	0,49	10,08
Соломотряс	0,07	10,15
Очистка	0,24	10,39
Зерновой шнек	2,19	12,58
Зерновой элеватор	1,85	14,43
Колосовой шнек	1,23	15,66
Колосовой элеватор	1,09	16,75
Малый зерновой шнек	0,85	17,60
Итого		17,60

Повреждения значительно нарастают при уборке и обработке как сухих ($W = 8\%$), так и влажных ($W = 16\%$) семян, при этом меняется только характер повреждений. Сухие семена сои от удара и защемления интенсивно разрушаются, на основе этого среди выделенного дроблёного зерна сои содержится большое количество зерна, расщеплённого на семядоли, а также с трещиной оболочки и выбитым зародышем. Влажные семена при нагрузке деформируются, и в результате общая масса повреждённых семян состоит из зёрен, сплюснутых и трещиноватых, а также зёрен с вмятинами и срывом оболочки [13–14].

Основное влияние на процесс дробления сои оказывает частота вращения первого молотильного барабана, особенно при низкой влажности зерна. Изменение частоты вращения первого барабана от 400 до 610 мин⁻¹ приводит к увеличению дробления зерна сои от 5,02 до 7,48 % [10].

Таким образом, исследования по разработке оптимальных режимов работы молотильных устройств комбайнов являются актуальными.

Улучшая отдельные характеристики работы молотильных барабанов комбайна, на основе определения оптимальной окружной скорости бичей первого барабана ком-

байна, зазоров на входе и выходе между бичами и планками подбарабання, влажностью зерна и подачей массы в молотилку можно значительно снизить повреждение зерна сои при обмолоте.

Цель исследований – оценка качественных показателей зерна сои в зависимости от режимов обмолота, применяемых первым барабаном, подачи и влажности зерна, а также их влияния на повреждение и выход повреждённых семян в зоне промежуточного бitera и второго барабана.

Условия, материалы и методы

Исследования проводились на базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2021–2022 гг. Для проведения опыта с комбайна двухфазного обмолота «Енисей-1200» была снята система очистки (вентилятор, грохот и решёта). Вся длина молотилки разделена на пять зон, подбарабання первого барабана разделено на две части. Полученные фракции составляли первую и вторую зоны вымолачивания из биологически полноценной вызревшей фракции соевых бобов. Решётка промежуточного бitera являлась третьей зоной, подбарабання второго барабана – четвёртой, а сборник зерна с отбойного бitera и соломотряса – пятой зоной [12]. Продукт, полученный в результате работы барабанов, промежуточного и отбойного битеров и соломотряса, поступал в специальные пробоотборники каждой зоны и состоял из смеси зерна, створок и сбиины, освобождённых от бобов. Очищенное зерно и ворох взвешивали на весах с точностью до

5 г, а при определении дробления и абсолютного веса зерна с точностью до 0,02 г. Исследования проводили по методу полного факторного эксперимента типа 2^4 [15]. Агротехническая оценка работы новых комбайнов проведена в 2024 г. по ГОСТ 28301-2015 [16].

Результаты и обсуждение

Комбайн с двухбарабанным молотильным устройством на уборке сои за счёт установки режима работы первого молотильного барабана с пониженной частотой вращения и повышенными молотильными зазорами позволяет снизить механическое повреждение зерна и сохранить посевные качества семян. Система обмолота комбайна Т-500 построена с применением барабана диаметром 800 мм, обладает гибкой декой с электронным регулированием зазоров на всём протяжении и обеспечивает стабильный обмолот без потерь. Сепаратор диаметром 750 мм способствует движению соевой массы по плавной траектории, интенсивно сепарируя соевое зерно.

Агротехническая оценка работы комбайнов Acros-595 и Т-500 на уборке сои сорта Сентябринка, проведённая в 2024 г. в хозяйстве Ивановского муниципального округа Амурской области, характеризуется хорошим качеством уборки, где прямые потери за жаткой не превышали 2 %, за комбайном 0,24 %. Косвенные потери, в виде дробления и микроповреждения зерна, приводящие к снижению посевных и товарных качеств сои, достигали более 8...9 %. Качество получаемого бункерного зерна сои при уборке приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Качество бункерного зерна сои после уборки комбайнами Т-500 и Acros-595
Table 2 – Quality of bunker soybean grain after harvesting by combines Т-500 and Acros-595 combines

Марка комбайна	Сорная примесь, %	Дробление, %	Микро – повреждение, %	Морозобойные, %	Масса 1000 семян, г
Т-500	2,3...3,4	4,2...6,1	2,0...3,0	0,7...2,3	160,4
Acros-595	2,4...4,8	3,3...3,6	2,5...3,1	1,3...3,4	161,1

Из таблицы 2 видно, что новый двухбарабанный комбайн Т-500, превосходящий по производительности, значительно усту-

пает по качеству бункерного зерна комбайну Acros-595 и увеличивает дробление зерна сои до 6,1 % и микроповреждение до

3,0 % с высокой засорённостью – до 3,4 %, они влияют на снижение зачётной массы товарного зерна при продаже перерабатывающим предприятиям на 10...15 %. У комбайна Acros-595 благодаря установке понижающего редуктора (PCM-081.27) частота вращения молотильного барабана снижена до 250 мин⁻¹, что и обеспечивает меньшее дробление зерна сои при обмолоте.

Сепарация и повреждение зерна сои при комбайновой уборке зависят от многих факторов, основными из которых являются окружная скорость бичей первого барабана (X_1), в наших опытах изменяющаяся от 8,6 м/с до 17,56 м/с, молотильные зазоры на входе и выходе между бичами и планками подбарабана (X_2), от 22/10 до 28/14 мм, влажность зерна при обмолоте (X_3), от 9,0 до 15 %, и подача массы в молотилку (X_4), от 2 до 5 кг/с. При изучении возможности выделения биологически ценных семян из общего потока массы отдельным потоком оценивалась степень влияния каждого фак-

тора на механическое повреждение их по длине молотильно-сепарирующего устройства комбайна двухфазного обмолота.

При решении поставленной задачи процесс обмолота зерна сои в комбайне представляется в виде ряда математических моделей, где качественные показатели оценивались в зависимости от нескольких одновременно действующих факторов.

Основными критериями оценки работы молотилки были: количество семян, прошедших через первый барабан (Z_1), промежуточную решётку (Z_2) и второе подбарабанье (Z_3), а также содержание в них дроблёного и микроповреждённого зерна, полученного после обмолота первым барабаном (Y_1), промежуточную решётку (Y_2) и второе подбарабанье (Y_3).

При исследовании процесса обмолота и повреждения зерна сои в двухбарабанном молотильно-сепарирующем устройстве бильного типа посева сои характеризовались показателями, указанными в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика полевого участка сои

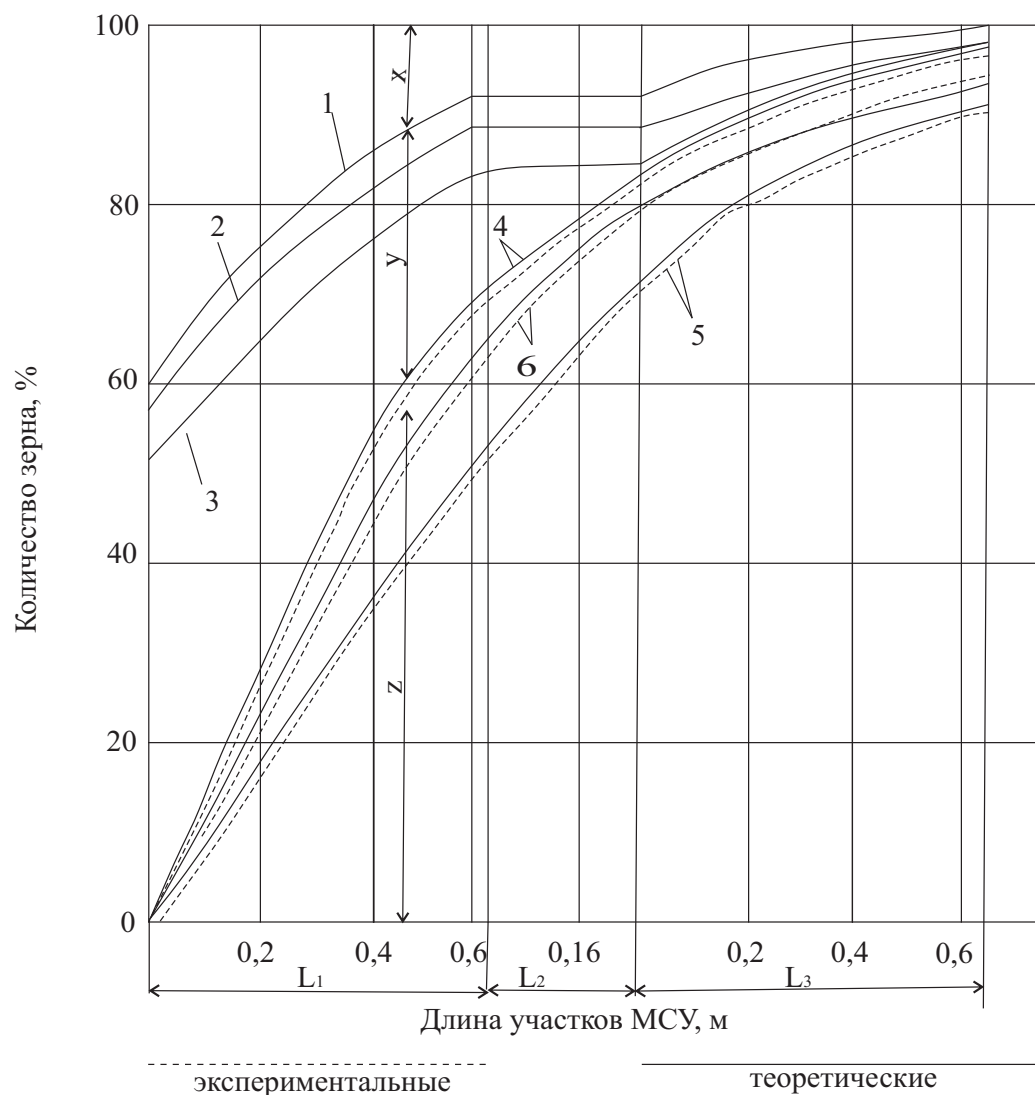
Table 3 – Characteristics of the soybean field plot

Показатели	Величина
Урожай зерна на корню, т/га	2,20
Густота стояния стеблей сои, шт/м ²	52,60
Количество сорняков, шт/м ²	16,40
Средняя высота стеблей сои	77,40
Засорённость культуры: количество сорняков от общего числа растений и сорняков, %	23,80
Отношение веса зерна к весу соломы	1:1,41
Влажность, % семян / солоmistых примесей	9,4/15,7
Масса 1000 семян, г	149,80

В результате проведённых исследований установлено, что наиболее интенсивно зерно сои вымолачивается и сепарируется в зоне первого молотильного барабана комбайна. Здесь, в зависимости от технологических регулировок и подачи массы в молотилку сепарируется до 70,8 %. По мере продвижения соевой массы в молотильном устройстве концентрация зерна в ворохе, прошедшем через молотильно-сепарирующее устройство, снижается (рисунок).

Зависимости показывают, что зерно, вымолоченное на участке первого барабана,

не полностью сепарируется сквозь солоmistую решётку и деку первого барабана. При исследованной подаче и режимах до 29,2 % свободного зерна поступает на решётку промежуточного битера. Однако и здесь оно всё не успевает просепарироваться, и от 9,1 до 10,3 % обмолоченного (свободного) зерна (зона У) поступает на второй барабан, работающий в более жёстком режиме обмолота. На участке первого барабана и промежуточного битера сепарируется свыше 60...70 % обмолоченного зерна.



1, 2, 3 – обмолот зерна по длине молотилки; 4, 5, 6 – сепарация зерна по длине молотилки

Рисунок – Влияние отношения окружных скоростей бичей барабанов на изменение соотношения соевого вороха в молотильном аппарате комбайна двухфазного обмолота

Figure – Effect of the ratio of the circumferential speeds of the beaters of the drums on the change in the ratio of the soybean heap in the threshing apparatus of a two-phase threshing combine

Абсолютная масса вымолачиваемых семян на 4,0...6,8 г выше массы 1000 семян, выделенных вторым барабаном (таблица 4). Такой процесс обмолота приводит к дополнительному повреждению зерна. Одновременно проявляется и новый способ получения качественного зерна сои. Для этого зерно, просепарированное после обмолота первым молотильным барабаном, нужно не смешивать, а разделять фракции, которые значительно отличающиеся по величине

дробления. Они образуются после обмолота и сепарации зерна сои первым и вторым молотильными барабанами. Такое разделение фракции позволило изменить логистический путь в технологии, и в свою очередь, разработать новый способ получения качественных семян сои непосредственно во время комбайновой уборки. Данный метод защищён патентом № 2679508 от 11.02.2019 (Бюллетень № 5).

Анализ дробления зерна, выделенно-

го по длине молотильно-сепарирующего устройства комбайна, показывает, что по мере продвижения обмолачиваемой массы

в молотилке при подаче 5 кг/с количество семян с механическим повреждением увеличивается, а масса 1000 семян снижается.

Таблица 4 – Сепарация и качество семян сои, выделенных по длине МСУ комбайна «Енисей-1200»

Table 4 – Separation and quality of soybean seeds, separated by the length of the MSU of the Yenisei-1200 combine

Зоны	Сепарация зерна, %	Дробление зерна, %	Масса 1000 семян, г
1	37,5	2,18	153,4
2	33,3	2,70	151,0
3	12,7	5,61	148,2
4	13,7	8,21	146,9
5	2,8	10,60	141,3

Исследования механического повреждения зерна сои по длине молотильно-сепарирующего устройства комбайна проведены по методу полного факторного эксперимента типа 2⁴. Обработка результатов опытов методом математической стати-

стики позволила получить математические модели содержания дроблёного и микроповреждённого зерна по длине молотилки при двухфазном обмолоте в виде следующих уравнений регрессии:

$$Y_1 = 4,506 - 0,231X_1 - 1,181X_2 + 1,669X_3 - 0,844X_4 - 0,469X_2X_3 + 0,244X_2X_4 - 0,506X_3X_4 + 0,181X_2X_3X_4; \quad (1)$$

$$Y_2 = 12,26 - 3,13X_1 - 1,52X_2 + 5,09X_3 - 1,606X_4 + 2,019X_1X_2 - 1,569X_1X_3 - 0,944X_3X_4; \quad (2)$$

$$Y_3 = 20,456 - 3,563X_1 - 3,163X_2 + 6,3X_3 - 3,2X_4 + 4,6X_1X_2 - 1,688X_1X_3 - 1,463X_3X_4 - 2,0X_1X_2X_3 - 1,35X_1X_2X_4; \quad (3)$$

Величина свободных членов полученных уравнений показывает, что наименее повреждено зерно сои в зоне первого подбарабана. Свободный член здесь равен 4,506 (уравнение 1).

По мере продвижения обмолачиваемой массы повреждение зерна возрастает. Об этом свидетельствует повышение величины свободных членов до 12,26 в уравнении 2 для промежуточной зоны и до 20,456 – для зоны второго барабана.

Наибольшее влияние на дробление и микроповреждение биологически полноценных семян, прошедших сквозь первое подбарабанье, оказывают окружная скорость бичей первого барабана, подача в

молотилку и влажность зерна. Причём наиболее опасным положением необходимо считать такое, когда обмолот производится при малой влажности зерна (менее 12 %) и подаче в молотилку (менее 3 кг/с), а также повышения окружных скоростей бичей первого барабана до 13,9 м/с. Об этом свидетельствуют знак и величина коэффициентов при X_2 , X_3 , X_4 и при их сочетании (уравнение 1).

Установленный молотильный зазор 28/14 незначительно влияет на содержание дроблёных семян в зоне первого барабана, так как полученный коэффициент регрессии (b_i) равный 0,231, близок к величине $t \sigma(b_i) = 0,13$.

Основное увеличение механического повреждения зерна при двухфазном обмолоте сои происходит за счёт высокой окружной скорости бичей первого барабана – свыше 14,0 м/с. Об этом наглядно свидетельствуют знаки и коэффициенты регрессии при X_3 (уравнения 1–3).

На повышенное содержание механически повреждённых семян в зоне промежуточного битера и второго барабана существенное влияние оказывают молотильные зазоры первого барабана (X_1) при их сочетании с подачей (X_1, X_2), что наглядно показывают относительно высокие величины коэффициентов регрессии при этих переменных.

Таким образом, полученные уравнения

регрессии, показывают, что наибольшее влияние из исследованных факторов на повреждение (дробление) зерна, выделяемого в зоне первого молотильного барабана, оказывают окружная скорость бичей первого барабана, подача в молотилку и влажность зерна. При пониженной влажности соевого зерна (менее 12 %) и подаче в молотилку (менее 3 кг/с) окружную скорость бичей необходимо снижать для первого барабана до 8,1 м/с, а для второго до 13,9 м/с.

Определяем минимальную окружную скорость взаимодействия бичей первого и второго молотильного барабана комбайнов при обмолоте на основе их технической характеристики для определения возможного использования на уборке сои (таблица 5).

Таблица 5 – Окружная скорость взаимодействия молотильных барабанов комбайнов при обмолоте зерна сои

Table 5 – Circumferential speed of interaction of combine threshing drums during threshing of soybean grain

Завод изготовитель	Марки комбайнов	Диаметр барабанов, мм		Частота вращения, мин.		Окружная скорость взаимодействия, м/с при мин. оборотах	
		1-го	2-го	1-го	2-го	1-го	2-го
Россельхозмаш Волжский завод	PCM 161	800	800	300...920	395...1150	12,56	16,53
	T-500	800	800	300...920	300...920	12,56	38,5
Агромаш 3000, Агромаш 4000	«Агромаш 3000»	550	550	440...860	715...1350	12,66	20,58
	«Агромаш 4000»	720	556	230...505	600...1310	8,66	17,27

Зерноуборочные комбайны нормально и производительно работают на уборке сои лишь при определённых погодных условиях и соответствующей регулировке механизмов. Существующие способы обмолота приводят к значительному повреждению зерна сои, где дробление составляет свыше 6 %, и пониженной всхожести семян из-за микроповреждения (3,0 %).

Снизить уровень силового воздействия на зерно, за счёт снижения скорости взаимодействия молотильных барабанов при обмолоте новыми комбайнами двухфазного обмолота. Уменьшить дробление зерна на уборке сои возможно только, как показывают данные таблицы 5, за счёт применения комбайна «Агромаш 4000» при условии

возможного снижения частоты вращения первого барабана до 230 мин⁻¹, второго – до 480...500 мин⁻¹.

Выводы

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы.

1. Полученные уравнения регрессии свидетельствуют о том, что наибольшее влияние на повреждение биологически полноценных семян в зоне первого молотильного барабана оказывают такие факторы, как окружная скорость бичей первого барабана, подача в молотилку и влажность зерна.

2. При пониженной влажности семян (менее 12 %) и подаче в молотилку менее

3 кг/с необходимо снижать окружную скорость бичей: для первого барабана – до 8,1 м/с, а для второго – до 13,9 м/с, что соответствует 280 и 480 об/мин соответственно.

3. Изучение скорости взаимодействия бичей первого и второго барабанов комбайнов с двухфазным обмолотом, основанное на технических характеристиках, пока-

зало преимущество использования модели комбайна «Агромаш 4000» для уборки семенных посевов сои.

Таким образом, результаты исследования подчёркивают важность тщательного регулирования режимов обмолота для минимизации повреждений и улучшения качества собранного зерна сои.

Список источников

1. Синеговский М. О. Перспективы производства сои в Дальневосточном федеральном округе // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 13–16. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/13-16>
2. Концептуальные основы кластерной стратегии развития отрасли растениеводства Амурской области / Е. А. Волкова, Н. О. Смолянинова, М. О. Синеговский, А. А. Малашонок // АПК: экономика, управление. 2021. № 11. С. 53–62. <https://doi.org/10.33305/2111-53>
3. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / Под общей ред. М. О. Синеговского. Благовещенск: ООО «Одеон», 2021. 79 с.
4. Тильба В. А., Ющенко Б. И. Проблемы улучшения качества зерновой продукции в Приамурье // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 11, С. 34–37.
5. Присяжная И. М., Присяжная С. П. Снижение всхожести и урожайности повреждённых семян сои в условиях Амурской области // Агронаука. 2023. Т.1. № 3. С. 63–69. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-63-69>
6. Оборская Ю. В., Ран О. П. Влияние физико-механических свойств семян различных сортов сои на степень их травмирования // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственных культур: сборник научных статей научно-практической конференции (с международным участием), посвящённая 105-летию со дня рождения селекционера, заслуженного агронома РФ. Т. П. Рязанцевой. Благовещенск: ООО «Типография», 2017. С. 257–265.
7. Присяжная И. М., Присяжная С. П., Фокина Е. М. Исследование прочности зерна сои различных сортов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 5. С. 75–79. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/5/75-79>
8. Алдошин Н. В. Планирование объёмов посевов сельскохозяйственных культур // Сборник статей по итогам II международной научно-практической конференции «ГОРЯЧКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ», посвящённой 150-летию со дня рождения академика В. П. Горячкина. 2019. С. 23–27.
9. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск: Изд-во Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с.
10. Бумбар И. В. Уборка сои: монография. Благовещенск: Изд-во Дальневосточный государственный аграрный университет, 2006. 240 с.
11. Ерохин Г. Н., Коновский В. В., Першин И. А. Качество уборки сои зерноуборочными комбайнами // Наука в центральной России. 2022. №3 (57). С. 7. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-3-7-13>
12. Присяжная И. М., Присяжная С. П. Совершенствование процесса уборки сои для получения семян в комбайне двухфазного обмолота: монография. ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Благовещенск: ООО «Типография», 2024. 208 с.
13. Обоснование выбора типа комбайна для уборки посевов сои на кормовые и семенные цели / А. М. Гиевский, В. И. Оробинский, А. В. Чернышев, И. В. Баскаков, Р. А. Дружинин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1 (72). С. 12–22. <https://doi.org/10.53914/issn2071-2243-2022-1-12>
14. Гиевский А. М., Чернышев А. В., Маслов Д. Л., Мигульнов В. Ю. Обоснование режима работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна при уборке сои // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (60). С. 50–56. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2019.1.50>
15. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: Наука, 1976. С. 93–147.
16. ГОСТ 28301-2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. Москва: Стандартиформ. 2016. с. 40.

References

1. Sinogovskiy MO. Perspektivy proizvodstva soi v Dal'nevostochnom federal'nom okruge [Prospects of soybean production in the Far Eastern Federal District]. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2020;1:13–16. (in Russ.). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/1/13-16>
2. Volkova EA, Smolyaninova NO, Sinogovskiy MO, Malashonok AA. Kontseptual'nye osnovy klasternoi strategii razvitiya otrasli rastenievodstva Amurskoi oblasti [Conceptual foundations of the cluster strategy for the development of the crop industry of the Amur region]. *APK: ekonomika, upravlenie. APC: economics, management*. 2021;11:53–62. (in Russ.). <https://doi.org/10.33305/2111-53>
3. Sinogovskiy MO. (eds.) *100 voprosov i otvetov o vozdel'yvanii soi* (rekomentatsii dlya rukovoditelei i spetsialistov sel'skokhozyaistvennykh predpriyati) [*100 of questions and answers about soybean cultivation* (recommendations for managers and specialists of agricultural enterprises)]. Blagoveshchensk: Odeon, 2021;79 p. (in Russ.).
4. Tilba VA, Yushchenko BI. Problemy uluchsheniya kachestva zernovoi produktsii v Priamur'e [Problems of improving the quality of grain products in the Amur region]. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK. Achievement of science and technology of the agro-industrial complex*. 2010;11:34–37. (in Russ.).
5. Prisyazhnaya IM, Prisyazhnaya SP. Snizhenie vskhozhesti i urozhainosti povrezhdennykh semyan soi v usloviyakh Amurskoi oblasti [Reduction of germination and yield of damaged soybean seeds in the conditions of the Amur region]. *Agronauka. Agrosience*. 2023;1:3:63–69. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-63-69>
6. Oborskaya YuV, Ran OP. Vliyanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv semyan razlichnykh sortov soi na stepen' ikh travmirovaniya [Influence of physical and mechanical properties of seeds of different soybean varieties on the degree of their injury]. *Sovremennye tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: sbornik nauchnykh statei nauchno-prakticheskoi konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem), posvyashchennaya 105-letiyu so dnya rozhdeniya selektsionera, zaslužennogo agronoma RF. Ryazantsevoi TP. Modern technologies of production and processing. agricultural cultures: Sat. scientific. Art. scientific-practical conf. (with international participation), 105th anniversary of the birth of the breeder, Honored Agronomist RF. Ryazantseva TP*. Blagoveshchensk: VNII soybeans, 2017;257–265. (in Russ.).
7. Prisyazhnaya IM, Prisyazhnaya SP, Fokina EM. Issledovanie prochnosti zerna soi razlichnykh sortov [Study of the strength of soybean grain of various varieties]. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2022;5:75–79. (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/5/75-79>
8. Aldoshin NV. Planirovanie ob'emov posevov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Planning of agricultural crops]. *Sbornik statei po itogam II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «GORYACHKINSKIE ChTENIYA», posvyashchennoi 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika VP. Goryachkina. Collection of articles on the results of the II international scientific and practical conference "GORYACHKIN READINGS", dedicated to the 150th anniversary of the birth of academician VP. Goryachkin*. 2019;23–27. (in Russ.).
9. Tikhonchuk PV. (eds.) *Sistema zemledeliya Amurskoi oblasti: proizvodstvenno-prakticheskii spravochnik* [Farming system of the Amur region: production and practical reference book]. Blagoveshchensk: Publishing house Far Eastern State Agrarian University, 2016;570 p. (in Russ.).
10. Boombay IV. *Uborka soi: monografiya* [Cleaning of Soybeans: Monograph]. Blagoveshchensk: Publishing house Far Eastern State Agrarian University, 2006;240 p. (in Russ.).
11. Erokhin GN, Konovskiy VV, Pershin IA. Kachestvo uborki soi zernouborochnymi kombainami [Quality of soybean harvesting by grain harvesters]. *Nauka v tsentral'noi Rossii. Science in Central Russia*. 2022;3:57:7. (in Russ.). <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-3-7-13>
12. Prisyazhnaya IM, Prisyazhnaya SP. *Sovershenstvovanie protsessa uborki soi dlya polucheniya semyan v kombaine dvukhfaznogo obmolota* [Improving the process of harvesting soybeans to obtain seeds in the combine of two-phase threshing: monograph]. FGBNU FNC VNII Soybean. Blagoveshchensk: OOO "Tipografiya", 2024;208 p. (in Russ.).
13. Gievskiy AM, Orobinsky VI, Chernyshev AV, Baskakov IV, Druzhinina RA. Obosnovanie vybora tipa kombaina dlya uborki posevov soi na kormovye i semennye tseli. [Justification of the choice of the type of combine harvester for harvesting soybean crops for fodder and seed purposes]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2022;15:1:72:12–22. (in Russ.). <https://doi.org/10.53914/issn2071-2243-2022-1-12>
14. Gievskiy AM, Chernyshov AV, Maslov DL, Migulnov VYu. Obosnovanie rezhima raboty molotil'no-separiruyushchego ustroystva kombaina pri uborke soi [Justification of the mode of operation of the threshing and separating device of the combine during soybean harvesting]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2019;1:60:50–56. (in Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2019.1.50>

15. Adler YuP, Markova EV, Granovskii YuV. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii* [Planning an experiment in searching for optimal conditions]. Moscow: Nauka, 1976;93–147. (in Russ.).

16. GOST 28301-2015 *Kombainy zernouborochnye. Metody ispytaniy*. [Grain harvesters. Test methods]. Moscow: Standard information. 2016;40 p. (in Russ.).

Информация об авторах

И. М. Присяжная – канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотр.;

С. П. Присяжная – д-р техн. наук; профессор, гл. науч. сотр.;

Д. С. Котенко – мл. науч. сотр.

Information about the authors

I. M. Prisyazhnaya – Cand. of Techn. Sci., Associate Professor, Senior Researcher;

S. P. Prisyazhnaya – Doctor of Techn. Sci.; Professor, Chief Researcher;

D. S. Kotenko – Junior Researcher

***Статья поступила в редакцию 12.02.2025;
одобрена после рецензирования 14.02.2025;
принята к публикации 18.02.2025***

***The article was submitted 12.02.2025;
approved after reviewing 14.02.2025;
accepted for publication 18.02.2025***

Научная статья

УДК 631.354

EDN: WBPNQ

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-88-98>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ИЗМЕЛЬЧЁННОЙ СОЛОМЫ ПОСЛЕ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ СОЛОМЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Вячеслав Сергеевич Усанов, Владимир Александрович Сахаров, Александр Васильевич Липкань, Алексей Алексеевич Кувшинов

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, uvs@vniisoi.ru

Аннотация. Существующие методы оценки эффективности устройств, применяемых для измельчения и разбрасывания соломы при уборке сои, не всегда могут быть признаны адекватными. В связи с этим предлагается усовершенствовать методику отбора проб измельчённой соевой соломы путём использования специального полуавтоматического устройства, разработанного специально для этой цели. Основной задачей проведённых исследований стало создание нового технического устройства, способного одновременно и эффективно осуществлять достоверный отбор проб измельчённой соевой соломы в процессе уборки. Кроме того, исследование сосредоточено на определении направлений для дальнейшего совершенствования этих устройств с целью повышения их функциональности и точности анализа образцов. В основе методического подхода лежат принципы достаточной точности отбора проб измельчённой соломы при уборке, доступности, простоты и минимальной трудоёмкости метода. В работе также представлена схема использования устройства для отбора проб половы и измельчённой соломы. Особое внимание уделено разработанной методике применения автоматически выкладываемых на поле рамок, которая обеспечивает высокую достоверность, оперативность и снижение трудоёмкости при проведении качественной оценки измельчения соевой соломы.

Ключевые слова: плодородие, соевая солома, зерноуборочный комбайн, измельчитель-разбрасыватель, пробоотборник.

Для цитирования: Усанов В. С., Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А. Совершенствование средств для отбора проб измельчённой соломы после работы измельчителя-разбрасывателя соломы зерноуборочного комбайна // Агронаука. 2025. Том 3. № 1. С. 88–98. EDN: WBPNQ. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-88-98>

Original article

IMPROVING THE MEANS FOR SAMPLING CRUSHED STRAW AFTER THE OPERATION OF THE SHREDDER-SPREADER OF THE GRAIN HARVESTER

Vyacheslav S. Usanov, Vladimir A. Sakharov, Alexander V. Lipkan, Alexey A. Kuvshinov

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia, uvs@vniisoi.ru

Abstract. Existing methods are not always suitable for evaluating the effectiveness of devices used for shredding and scattering straw during soybean harvesting. It is proposed to improve the sampling technique of crushed soybean straw by using a specially developed semi-automatic device. The purpose of the research was to develop a new technical device for simultaneous, efficient and reliable sampling of crushed soybean straw during harvesting and to identify areas for further improvement of these devices in order to increase their functionality and accuracy of sample analysis. The methodological approach is based on the principle of sufficient accuracy in determining samples of crushed straw during harvesting, accessibility, simplicity and minimal labor intensity of the method. The scheme of using the device for

© Усанов В. С., Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А., 2025

sampling the floor and crushed straw is presented. A method of using frames automatically laid out on the field is proposed, which allows for a high reliability, efficiency and with less labor intensity to carry out a qualitative assessment of the grinding of soy straw.

Keywords: fertility, soybean straw, combine harvester, shredder, spreader, sampler.

For citation: Usanov VS, Sakharov VA, Lipkan AV, Kuvshinov AA. Sovershenstvovanie sredstv dlya otbora prob izmel'chennoi solomy posle raboty izmel'chatelya-razbrasyvatelya solomy zernouborochnogo kombaina [Improving the means for sampling crushed straw after the operation of the shredder-spreader of the grain harvester]. *Agronauka. Agrosience*. 2025;3:1: 88–98 (in Russ.). EDN: WBPQA. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-1-88-98>

Введение

Повышение плодородия почвы является важным условием для продуктивного возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из эффективных способов поддержания плодородия является послеуборочная заделка растительных остатков в почву с помощью почвообрабатывающих агрегатов. Для обеспечения быстрого разложения этих остатков они должны быть небольшой длины и расщеплены вдоль волокон.

Совершенствование технологий производства в сельском хозяйстве подразумевает комплекс механизированных работ, которые обеспечивают максимальный урожай, соответствующий стандартам качества в различных почвенно-климатических условиях. В работе [1] выделяют три типа состояния системы дисперсионных минеральных частиц и дисперсионной среды. Первый тип определяется твёрдой фазой (газ) – в этом состоянии почва становится твёрдой и жёсткой. Второй тип характеризуется твёрдой фазой (жидкость, то есть вода) – почва в этом случае становится жидкой и влажной. Третий тип определяется твёрдой фазой (жидкость-газ, то есть органическая композиция) – почва приобретает статус «живой».

В зависимости от соотношения твёрдой фазы и дисперсионной среды, заполняющей свободные объёмы почвенного слоя, формируются свойства «живого» пахотного слоя. Наличие в почве достаточного количества влаги и органического материала содействует формированию экологических, биологических и реологических свойств почвенного слоя.

В результате проведённых исследований И. В. Фетюхиным и других было установлено, что заделка в почвенный слой соломы

способствует улучшению его физических и агрохимических свойств, что приводит к увеличению запасов продуктивной влаги в почвенном слое и эффективности дальнейшего использования удобрений. Измельчение и заделка соломистой части с удобрениями минерального типа способствует повышению содержания в почве доступных форм основных элементов минерального питания, обеспечивает увеличение интенсивности разрушения клетчатки за счёт увеличения биомассы микроорганизмов и содержания в почве органического вещества [2].

В связи с этим, важно обеспечение выполнения требований, предъявляемых к измельчителям-разбрасывателям соломы, навешиваемых на зерноуборочные комбайны. По исходным требованиям к зональной системе технологий и машин при уборке сои измельчённая солома должна содержать не менее 85 % частиц длиной до 12 см. Измельчённая солома должна разбрасываться по полю равномерно на ширину жатки комбайна, а степень неравномерности распределения соломы – составлять не более 20 % [3].

Авторами С. А. Родимцевым и М. Я. Ягельским [4] разработана методика по оценке степени расщепления в продольном виде стеблей соломы в процессе измельчения, как одного из требований к агротехническим показателям работы измельчителей-разбрасывателей соломы (ИРС) зерноуборочных машин. Представленная методика устанавливает сравнительное определение степени расщепления стеблей по количеству впитанной влаги навеской измельчённой соломы определённой длины. Авторами определено требование

к качеству выполнения операции по измельчению и соломы по поверхности поля, которое заключается в том, что величина расщепления в продольном плане стеблей должна составлять не менее 30 %.

В научной работе исследователя А. П. Ловчикова в соавторстве приведены результаты агротехнической оценки показателей качества измельчения соломы ИРС зерноуборочных комбайнов при различных технологических режимах работы. Установлено влияние условий уборки на качество измельчения в зависимости от определённой марки уборочной машины. Так, комбайн «John Deere S 9500» лучшие результаты измельчения соломы показал при уменьшении нагрузки на ИРС, а «Вектор-410», наоборот, при увеличении нагрузки на ИРС. Комбайн «John Deere STS 9570» показал неудовлетворительные результаты на всех режимах работы. При повышении скоростных режимов работы комбайна РСМ-101 «Вектор-410» наблюдается неустойчивое выполнение технологического процесса ИРС при уборке зерновых культур. Сделан вывод об отсутствии единой взаимосвязи качественных показателей измельчения соломы при разных режимах работы комбайнов, а также об актуальности исследований процессов, протекающих в ИРС [5].

Цель исследований – всесторонний анализ конструкций, которые как запатентованы, так и фактически применяются в производстве, для устройств, предназначенных для сбора соевой соломы после работы измельчителя-разбрасывателя соломы зерноуборочного комбайна. Основное внимание уделяется разработке нового технического устройства, способного одновременно и эффективно осуществлять достоверный отбор проб измельченной соевой соломы в процессе уборки. Также рассматриваются направления для дальнейшего совершенствования этих устройств с целью повышения их функциональности.

Условия, материалы и методы

Для определения дальнейших путей совершенствования устройств для сбора

проб измельченной соломы необходимо провести обзор описанных в ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний» и запатентованных решений с целью обозначения их недостатков и преимуществ.

Результаты и обсуждение

Исследователями [6] определены продолжительность и трудоёмкость оценок качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов. Доказана необходимость выбора устройства для отбора проб соломы из нескольких образцов. В опытах применяли пробоотборники разных типов: 1 – пробоотборник «Ворот» с перерезанием или фиксацией соломы по окружности; 2 – пробоотборник типа «Сачок» для отбора соломы на выходе из измельчителя; 3 – резиновые пробоотборники, применяемые при оценках потерь зерна комбайном. Дополнительно разработано устройство для фракционирования соломы, представляющее собой решето с отверстиями на половине дна и с размерными шкалами на боковых рёбрах, работающее в ручном режиме путём наклона решета в двух плоскостях и его встряхивания. При проведении исследования был использован метод хронометражных наблюдений. При оценках качества измельчения и качества разбрасывания соломы наиболее эффективным было применение пробоотборника типа «Ворот» с трудоёмкостью 1,83 чел.-ч. Трудоёмкость при применении резиновых пробоотборников равна 2,37 чел.-ч. Применение пробоотборника типа «Сачок» ограничено оценкой качества измельчения соломы с трудоёмкостью 1,15 чел.-ч. Резиновые пробоотборники целесообразно использовать в специализированных испытательных лабораториях или станциях для одновременной оценки потерь зерна комбайном и качества работы ИРС. Использование пробоотборника типа «Сачок» возможно для контроля качества измельчения соломы в производственных условиях.

Для сбора проб соломы предлагается использовать устройства, указанные в ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний» [7].

Ленточный пробоотборник (одноленточный, многоленточный) устанавливают на выходе продуктов обмолота соломы и половы из комбайна. Основным рабочим органом пробоотборника является сборник, состоящий из брезентового полотна шириной 2 м, длиной 10 м, с металлическими катушками на концах ленты. На одну катушку наматывается брезентовое полотно, и она фиксируется в пробоотборнике, вторая – свободная катушка, висит на полотне. На пробоотборнике установлены механизмы управления разматыванием полотна с катушки и отсоединением (сброса) её после разматывания и отбора пробы на полотно. Одноленточный пробоотборник может осуществлять отбор одной пробы соломы вместе с половой. Для отбора в отдельности пробы соломы и пробы половы устанавливают два одноленточных пробоотборника.

Многоленточный пробоотборник состоит из четырёх сборников с автоматом управления, позволяющим осуществлять попарное разматывание брезентовых полотен с катушек. Многоленточный пробоотборник обеспечивает отбор двух отдельных проб соломы и половы или двух общих проб соломы с половой при комплектации

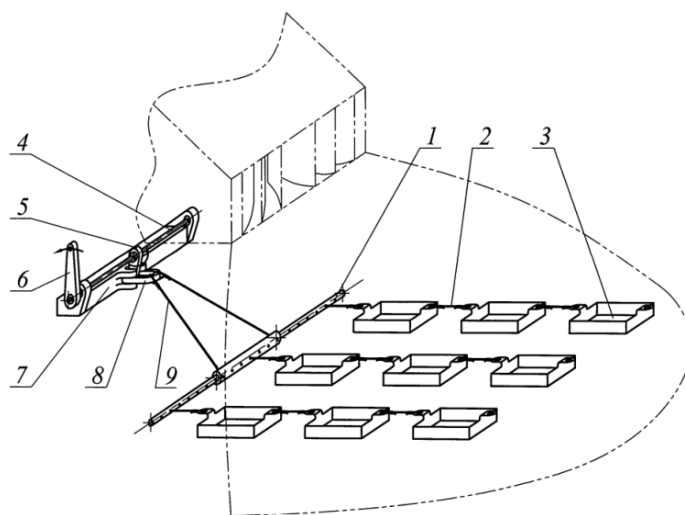
двумя сборниками.

Прицепной рамочный пробоотборник соломы состоит из рамы, опорно-приводных колёс, кассет с комплектом брезентовых рамок (15 штук) размером 70 × 190 см, механизма поштучного выброса рамок, ленточного транспортёра, механизма привода транспортёра, прицепного устройства.

Прицепной рамочный пробоотборник половы состоит из рамы, опорно-приводных колёс, механизма поштучного выброса рамок, кассет с комплектом рамок (15 штук) размером 100 × 70 см, механизмов привода и управления пробоотборников. Пробоотборники агрегируются с комбайном на выходе продуктов обмолота – соломы и половы. За учётный проход пробоотборник позволяет отбирать по 15 проб (рамок) соломы и половы.

Для совершенствования методов отбора проб для оценки эффективности работы измельчителей-разбрасывателей соломы зерноуборочных комбайнов предложены следующие запатентованные устройства.

Учёными ФГБОУ ВПО Орловского ГАУ предложено устройство (патент РФ № 2556073 С2 [8]), представленное на рисунке 1.



1 – штанга-волокуша, 2 – продольные ряды гибких связей, 3 – продольные ряды сборников, 4 – вал, 5 – фиксатор, 6 – рычаг, 7 – кронштейн, 8 – кольцо, 9 – цепка

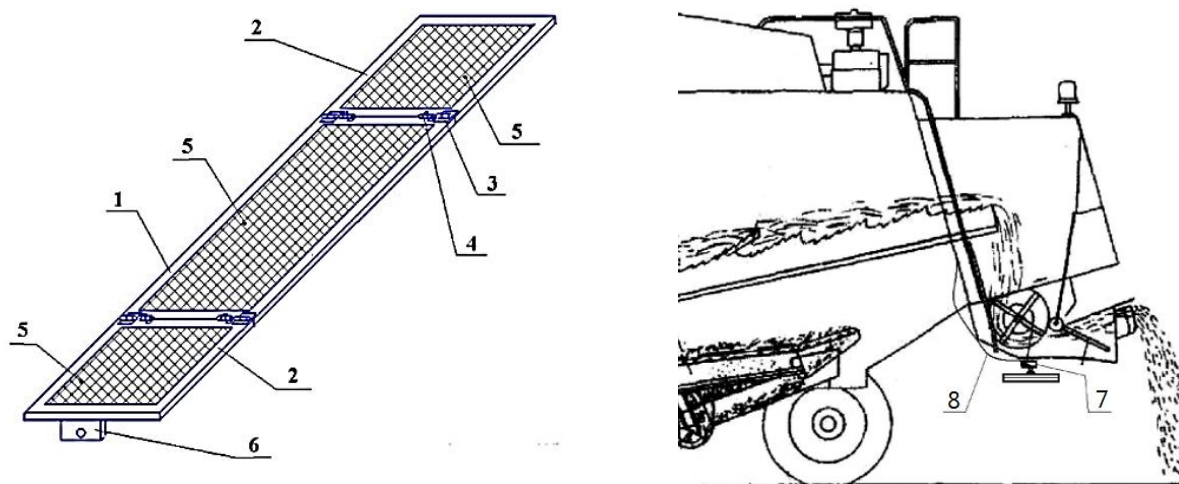
Рисунок 1 – Устройство для отбора проб измельчённой соломы от зерноуборочных комбайнов
Figure 1 – Device for sampling chopped straw from grain harvesters

За один опыт получают по три пробы измельчённой соломы, отобранные в каждой изучаемой зоне, в пределах ширины захвата жатки комбайна. При этом сопоставимость проб обеспечивается равными объёмами сборников и расстояниями между ними.

Преимущества данного устройства – обеспечение возможности отбора проб в отдельных зонах области распределения измельчённой соломы, независимо от ширины разбрасывания; повышение достовер-

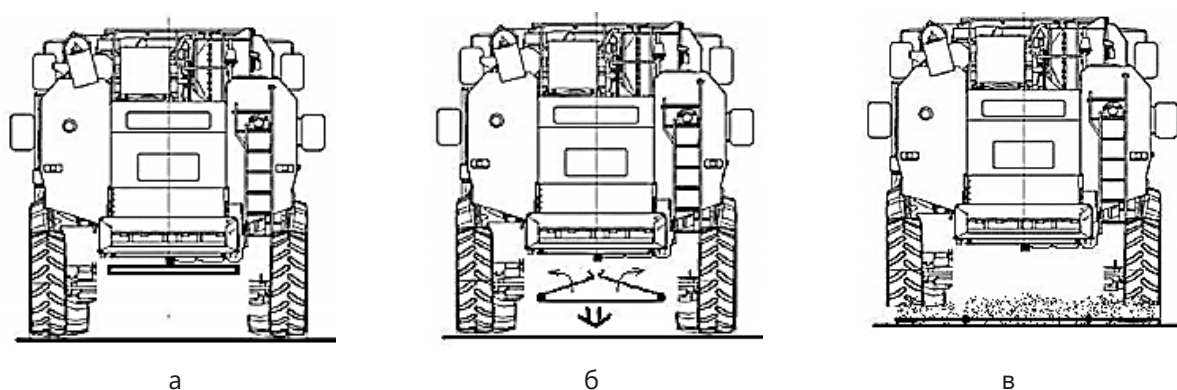
ности результативных оценок при изучении качественных характеристик работы соломоизмельчителей-разбрасывателей зерноуборочных комбайнов; снижение вероятности отказов в процессе его эксплуатации.

Учёными ФГБНУ ФНАЦ ВИМ предложено использовать для сбора проб измельчённой соломы за зерноуборочным комбайном запатентованное устройство (патент РФ № 2731671 С1 [9]), представленное на рисунках 2 и 3.



1 – плоский лоток, 2 – створки, 3 – петли,
4 – пружины, 5 – сетка, 6 – проушины, 7 – фиксатор, 8 – линия управления

Рисунок 2 – Устройство для отбора проб измельчённой соломы за зерноуборочным комбайном
Figure 2 – Device for sampling chopped straw behind a grain harvester



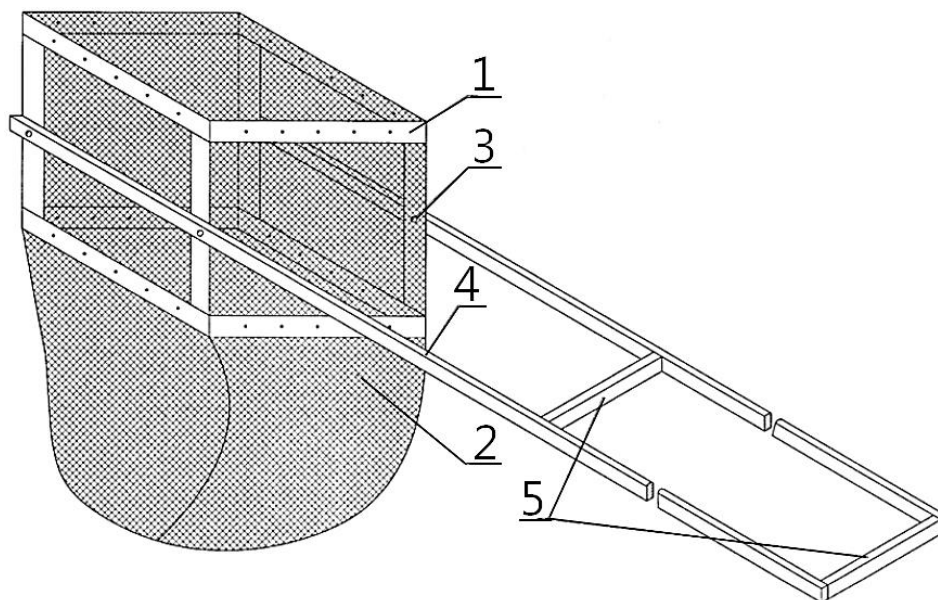
а – устройство закреплено в фиксаторе;
б – устройство отделяется от комбайна, падает на поверхность поля и раскрывается;
в – сходящая из соломоизмельчителя масса накрывает устройство, неподвижно остающееся на стерне

Рисунок 3 – Процесс срабатывания устройства для отбора проб измельчённой соломы
Figure 3 – The process of operation of the device for sampling chopped straw

Площадь представленного устройства должна быть кратна 1 м². Глубина устройства в открытом состоянии – не менее 50 мм. Использование данного устройства позволяет снизить затраты ручного труда и

обезопасить исследователя от травм.

Сотрудниками ФГБНУ Росинформагротех предложено устройство для отбора проб измельчённой соломы (патент РФ № 155690 U1 [10]), представленное на рисунке 4.



1 – каркас, 2 – сетка с размером ячеек 2...3 мм,
3 – болтовые соединения, 4 – стойки, 5 – перемычки

Рисунок 4 – Устройство для отбора проб измельчённой соломы за зерноуборочными комбайнами
Figure 4 – Device for sampling chopped straw behind grain harvesters

При движении комбайна в загонке исполнитель с устройством должен находиться с левой стороны комбайна по ходу движения. После прохода жатки исполнитель перемещается на расстояние 1...1,5 м от корпуса комбайна, располагает устройство вертикально, при этом открытая сторона каркаса должна быть направлена в сторону движения комбайна и лежать в вертикальной плоскости перпендикулярно направлению движения комбайна. В процессе движения и пересечения потока соломы исполнитель сохраняет расположение стоек в плоскости перпендикулярной направлению движения комбайна. Во время пересечения воздушного потока измельчённой соломы происходит её забор в устройство на выходе из измельчителя-разбрасывателя.

Благодаря предлагаемому устройству исключается необходимость отбора проб соломы с поверхности почвы по всей ширине разбрасывания и сокращается продолжительность отбора проб измельчённой соломы. При этом исключаются вероятные погрешности, связанные с отбором проб с поверхности почвы и формированием общей пробы для оценки качества работы измельчителя комбайна.

Чтобы улучшить решение проблем, связанных с недостижимой равномерностью разбрасывания соломы, недостижимой квалифицированной нормой заделки и неравномерным разбрасыванием соломы при посеве пшеницы без обработки почвы после уборки риса, и изменить неудовлетворительное качество соломенной мульчи,

был разработан инновационный набор систем автоматического управления разбрасыванием соломы и заделкой. Хотя в этом исследовании были внесены некоторые экспериментальные новшества, измельчающий нож (группа) вала ножевого ролика будет касаться земли во время вращения, что вносит неопределённость и определённые экспериментальные ошибки в мониторинг сигналов крутящего момента в режиме реального времени. На следующем этапе в систему будут добавлены дополнительные датчики и интеллектуальные алгоритмы, чтобы уменьшить количество ножей [11].

В настоящее время расширенное и комплексное использование незерновых частей урожая, а также полный запрет на сжигание соломы после уборки на полях становятся все более актуальными в сельском хозяйстве. Одним из методов прямого мульчирования соломой, применяемых в Китае, является защитная обработка почвы с измельчением соломы, которая зарекомендовала себя как эффективный способ снижения загрязнения и повышения плодородия. С учётом высоких объемов возвращаемой соломы, сложности ручного управления и низкой эффективности методов обнаружения соломы с помощью машинного зрения, данное исследование представляет новую методику определения однородности разбрасывания соломы по поверхности поля на основе анализа областей перекрытия.

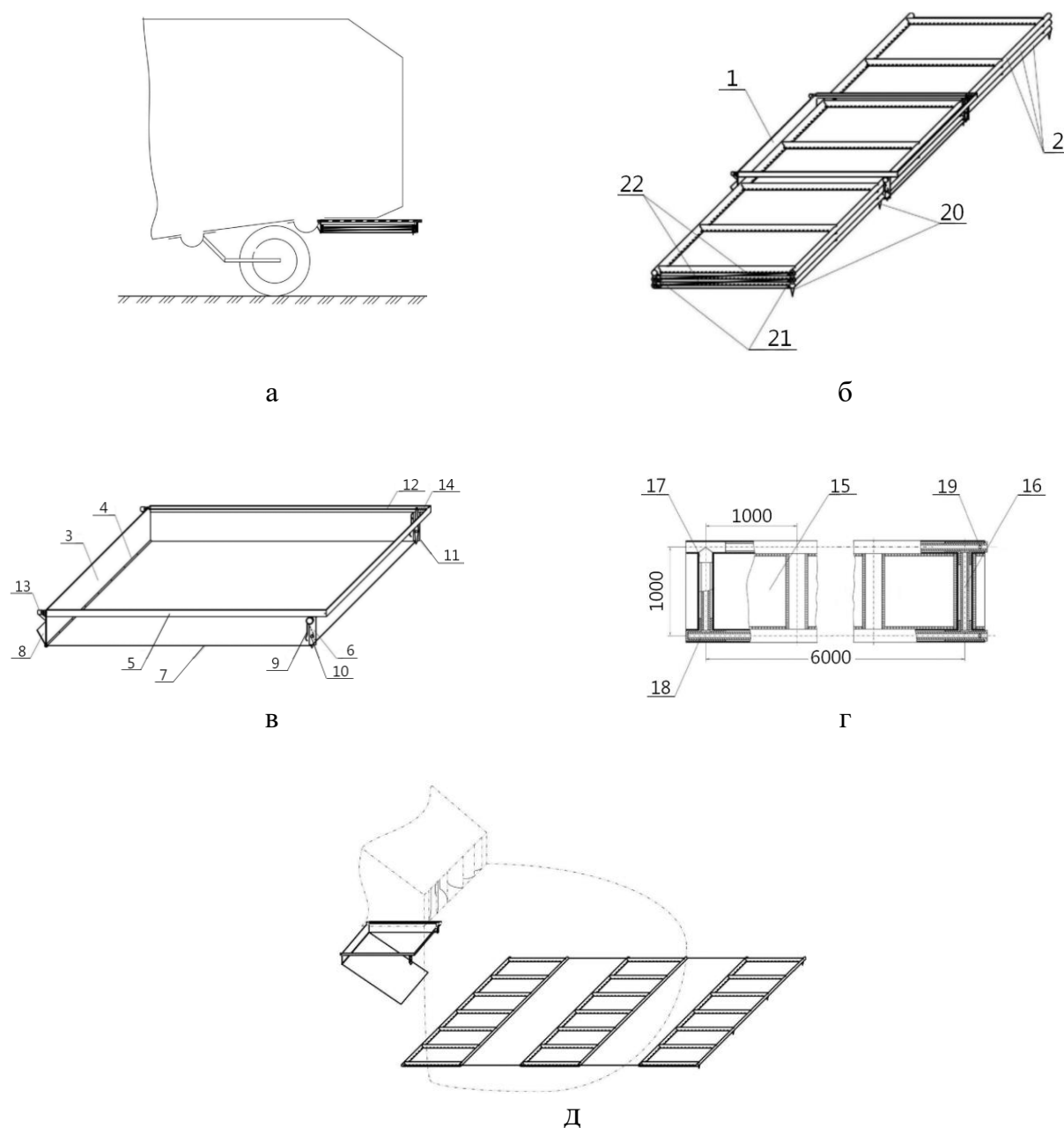
В рамках работы была предложена технология обработки изображений, использующая новый подход к анализу областей перекрытия. Это позволяет преодолеть недостатки ручного определения однородности соломы, такие как низкая точность и эффективность. Применяя морфологическую теорию в сочетании с анализом областей перекрытия при низкой плотности, удаётся выявить солому соответствующей длины и затем осуществить определение однородности. По сравнению с традиционными методами пороговой сегментации, предложенный подход обеспечивает точную идентификацию, быструю обработку и высокую эффективность, что в итоге приводит

к повышению производительности анализа областей перекрытия. Наконец, предложенный алгоритм был протестирован на определении однородности в условиях низкой плотности и показал среднюю точность 97,69 %, что открывает новые горизонты для распознавания изображений для автоматических систем мульчирования соломы [12].

На основе анализа рассмотренных выше технических решений для отбора проб измельчённой соломы в процессе работы измельчителей-разбрасывателей зерноуборочных комбайнов учёными ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои предложено устройство (патент РФ № 2807730 С1 [13]), представленное на рисунке 5.

Порядок отбора проб измельчённой соломы с использованием разработанного приспособления заключается в следующем. При установившейся работе комбайна исследователь, выбрав характерный участок поля для эксперимента, с помощью дистанционного ключа подаёт сигнал на сброс сборников. Откидное дно кассеты открывается и нижний сборник соскальзывает на почву, внедряясь в неё острыми шипами на своей задней части, и выдёргивает второй сборник, а затем третий и так далее, которые при помощи гибких связей укладываются на поверхность поля по ширине захвата жатки в виде цепочки следующих друг за другом сборников. Непрерывно сходящая масса половы и измельчённой соломы из соломоизмельчителя, распределяющаяся разбрасывателем по ширине прокоса, последовательно покрывает неподвижно остающиеся на стерне сборники, осаждающаяся в ячейках его каркаса, а комбайн без остановки продолжает работу.

Таким образом, за один опыт получают необходимое количество повторностей проб половы и измельчённой соломы, отобранных в каждой изучаемой зоне по всей ширине рассеивания в пределах ширины захвата жатки комбайна, обеспечивая сопоставимость проб симметричностью расположения относительно осевой линии измельчителя-разбрасывателя и равными объёмами ячеек сборников.



а – вид сбоку комбайна с закреплённым под измельчителем устройством;
 б – устройство в сборе в исходном положении на комбайне; в – вид кассеты устройства без сборников;
 г – собранный сборник устройства, вид сверху; д – общий вид устройства для отбора проб измельчённой соломой от зерноуборочных комбайнов в рабочем положении

1 – кассета; 2 – сборники; 3 – передняя стенка; 4 – шарнир;
 5 – П-образная рамка; 6 – кронштейны; 7 – откидное дно; 8 – ограничитель открывания;
 9 – спиральные пружины; 10 – фиксаторы пружин; 11 – двуплечие рычаги; 12 – тяги; 13 – электромагниты;
 14 – пружины растяжения; 15 – кулисы полотна; 16 – Н-образные поперечины; 17 – тройники; 18 – штанги;
 19 – шпинты; 20 – шипы; 21 – ограничители; 22 – гибкие связи

Рисунок 5 – Устройство для сбора проб измельчённой соломой

Figure 5 – Device for collecting samples of chopped straw

Предлагаемое устройство для отбора проб соломы, измельчённой зерноуборочными комбайнами, показывает следующие преимущества перед рассмотренным выше оборудованием:

- обеспечивается возможность одновременного отбора проб во всех зонах области распределения измельчённой соломы в пределах ширины захвата жатки;
- повышается достоверность оценок работы соломоизмельчителей-разбрасывателей зерноуборочных комбайнов;
- конструкция составного каркаса сборника даёт возможность отбора проб измельчённой соломы и половы от комбайнов с разной шириной захвата жатки путём составления сборников соответствующей длины;
- облегчается транспортировка устройства и снижается вероятность отказов устройства в процессе эксплуатации.

На основе представленных выше технических устройств определены дальнейшие пути совершенствования устройств для отбора проб измельчённой соломы после работы измельчителя-разбрасывателя:

- увеличение доли автоматизации от-

дельных узлов и элементов;

- внедрение систем машинного зрения для оценки степени измельчения и равномерности разбрасывания измельчённой соломы по поверхности поля;
- внедрение датчиков контроля и управления параметрами ИРС.

Использование данных предложений позволит исключить человеческий фактор, повысить качество оценки степени измельчения соломы и более точно определять равномерность разбрасывания её по поверхности поля.

Выводы

В результате проведённого обзора технических решений для отбора проб измельчённой соевой соломы было создано новое техническое устройство. Оно обеспечит одновременный, эффективный и достоверный отбор проб в процессе уборки. В статье также представлены возможные пути дальнейшего усовершенствования устройств для отбора проб, которые могут значительно повысить их функциональность и точность анализа.

Список источников

1. Экология пахотного слоя почвы при измельчении соломы в период уборки урожая колосовых культур / П. Н. Шорохов, П. В. Кузнецов, А. А. Садов, Ю. В. Панков, Л. А. Новопашин // Вестник биотехнологии. 2018. № 1 (15). С. 21–31. EDN: XRYILB.
2. Фетюхин И. В., Зубарь А. С. Способы повышения эффективности использования растительных остатков зерновых культур // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (44). С. 32–38. EDN: EPOBCD.
3. Исходные требования к зональной системе технологий и машин для производства продуктов растениеводства в дальневосточном регионе России / Н. М. Антышев, В. М. Бейлис, В. П. Елизаров [и др.]. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2007. 167 с. EDN: UWGYMZ.
4. Родимцев С. А., Ягельский М. Ю. Оценка степени расщепления стеблей соломы как критерия качества измельчения незерновой части урожая комбайновым измельчителем // Агротехника и энергообеспечение. 2018. № 3 (20). С. 54–60. EDN: YLQPMТ.
5. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П., Поздеев Е. А. Агротехническая оценка работы измельчителей-разбрасывателей соломы комбайнов при уборке зерновых культур прямым комбайнированием // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 55–57. EDN: VVRYCJ.
6. Скорляков В. И., Юрина Т. А. Совершенствование оценок качества работы измельчителей зерноуборочных комбайнов // Наука в центральной России. 2016. № 2 (20). С. 58–66. EDN: VVTPRL.
7. ГОСТ 28301-2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. Москва: Стандартинформ. 2016. 43 с.
8. Патент на изобретение № 2556073 С2 Российская Федерация, МПК А01D 75/00, G01N 1/20. Устройство для отбора проб измельчённой соломы от зерноуборочных комбайнов: № 2013147324/13: заявл. 23.10.2013; опубл. 10.07.2015 / М. Ю. Ягельский, С. А. Родимцев; заявитель Федеральное госу-

дарственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Орловский государственный аграрный университет. EDN: MJIIHE.

9. Патент на изобретение № 2731671 C1 Российская Федерация, МПК A01D 75/00. Устройство для отбора проб измельчённой соломы за зерноуборочным комбайном: № 2019135614: заявл. 06.11.2019: опубл. 07.09.2020 / Э. В. Жалнин, М. Е. Чаплыгин, А. В. Подзоров, И. А. Пехальский; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. EDN: UXYZCX.

10. Патент на полезную модель № 155690 U1 Российская Федерация, МПК A01D 75/00. Устройство для отбора проб измельчённой соломы за зерноуборочными комбайнами: № 2015110206/13: заявл. 23.03.2015: опубл. 20.10.2015 / В.И. Скорляков, В.В. Сердюк; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. EDN: MLCBTP

11. Wang Bokai, Feng Wu, Fengwei Gu, Hongchen Yang, Huichang Wu, Zhichao Hu. Experimental Analysis and Evaluation of Automatic Control System for Evenly Scattering Crushed Straw // Agriculture. 2023. № 13. 679. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030679>

12. Junteng Ma, Feng Wu, Huanxiong Xie, Fengwei Gu, Hongchen Yang, Zhichao Hu. Uniformity Detection for Straws Based on Overlapping Region Analysis // Agriculture. 2022. № 12 (80). <https://doi.org/10.3390/agriculture12010080>

13. Патент на изобретение № 2807730 C1 Российская Федерация, МПК A01D 75/00, G01N 33/00. Устройство для отбора проб измельчённой соломы от зерноуборочных комбайнов: № 2023113232: заявл. 23.05.2023: опубл. 21.11.2023 / В. А. Сахаров, А. В. Липкань, А. А. Кувшинов, В. С. Усанов; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский институт сои. EDN: PGKZMH.

References

1. Shorohov PN, Kuznecov PV, Sadov AA, Pankov YuV, Novopashin LA. Ekologiya pakhotnogo sloya pochvy pri izmel'chenii solomy v period uborki urozhaya kolosovykh kul'tur [Ecology of the arable soil layer during the crushing of straw during the harvest of ear crops]. *Vestnik biotekhnologii. Bulletin of Biotechnology*. 2018;1:15:21–31. (in Russ.).

2. Fetyuhin IV, Zubar' AS. Sposoby povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya rastitel'nykh ostatkov zernovykh kul'tur [Ways to increase the efficiency of using plant residues of grain crops]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2022;2:44:32–38. (in Russ.)

3. Antyshev NM, Bejlis VM, Elizarov VP. [et al.]. *Iskhodnye trebovaniya k zonal'noi sisteme tekhnologii i mashin dlya proizvodstva produktov rastenievodstva v dal'nevostochnom regione Rossii* [Initial requirements for the Zonal system of technologies and machines for the production of crop products in the Far Eastern region of Russia]. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University. 2007;167 p. (in Russ.)

4. Rodimcev SA, Yagel'skiy MYu. Otsenka stepeni rasshchepleniya stblei solomy kak kriteriya kachestva izmel'cheniya nezernovoi chasti urozhaya kombainovym izmel'chitelem [Assessment of the degree of splitting of straw stalks as a criterion for the quality of grinding the non-grain part of the crop with a combine chopper]. *Agrotekhnika i energoobespechenie. Agrotechnics and energy supply*. 2018;3:20:54–60. (in Russ.).

5. Lovchikov AP, Lovchikov VP, Pozdeev EA. Agrotekhnicheskaya otsenka raboty izmel'chitelei-razbrasyvatelei solomy kombainov pri uborke zernovykh kul'tur pryamym kombainirovaniem [Agrotechnical assessment of the work of shredders-spreaders of straw harvesters when harvesting grain crops by direct combine]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2016;2:58:55–57. (in Russ.).

6. Skorlyakov VI, Yurina TA. Sovershenstvovanie otsenok kachestva raboty izmel'chitelei zernouborochnykh kombainov [Improving the evaluation of the quality of work of combine harvesters grinders]. *Nauka v tsentral'noi Rossii. Science in Central Russia*. 2016;2:20:58–66. (in Russ.).

7. GOST 28301-2015 *Kombainy zernouborochnye. Metody ispytaniy* [State standard 28301-2015 Combine harvesters. Test methods]. Moscow: Standardinform. 2016;43 p. (in Russ.)

8. Патент на изобретение № 2556073 C2 Russian Federation, МПК A01D 75/00, G01N 1/20. *Ustroistvo dlya otbora prob izmel'chennoi solomy ot zernouborochnykh kombainov* [Patent for invention No. 2556073 C2 Russian Federation, IPC A01D 75/00, G01N 1/20. Device for sampling crushed straw from combine harvesters]. No. 2013147324/13: application 23.10.2013: publ. 10.07.2015. MY. Yagelsky, SA. Rodimtsev; Applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Oryol State Agrarian University (in Russ.)

9. Patent na izobretenie № 2731671 C1 Russian Federation, MPK A01D 75/00. *Ustroistvo dlya otbora prob izmel'chennoi solomy za zernouborochnym kombainom* [Patent for invention No. 2731671 C1 Russian Federation, IPC A01D 75/00. *Device for sampling crushed straw behind a combine harvester*]. No. 2019135614: application 06.11.2019: publ. 07.09.2020. EV. Zhalnin, ME. Chaplygin, AV. Podzorov, IA. Pehalsky; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Agroengineering Center VIM (in Russ.).

10. Patent na poleznuyu model' № 155690 U1 Russian Federation, MPK A01D 75/00. *Ustroistvo dlya otbora prob izmel'chennoi solomy za zernouborochnymi kombainami* [Utility Model Patent No. 155690 U1 Russian Federation, IPC A01D 75/00. *Device for sampling crushed straw for combine harvesters*]. No. 2015110206/13: application 03/23/2015: publ. 10.20.2015. VI. Skorlyakov, VV. Serdyuk; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on engineering and technical support of the agro-industrial complex. (in Russ.).

11. Wang Bokai, Feng Wu, Fengwei Gu, Hongchen Yang, Huichang Wu, Zhichao Hu. Experimental Analysis and Evaluation of Automatic Control System for Evenly Scattering Crushed Straw. *Agriculture*. 2023;13:679. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030679>

12. Junteng Ma, Feng Wu, Huanxiong Xie, Fengwei Gu, Hongchen Yang, Zhichao Hu. Uniformity Detection for Straws Based on Overlapping Region Analysis. *Agriculture*. 2022;12:80. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010080>

13. Patent na izobretenie № 2807730 C1 Russian Federation, MPK A01D 75/00, G01N 33/00. *Ustroistvo dlya otbora prob izmel'chennoi solomy ot zernouborochnykh kombainov* [Patent for invention No. 2807730 C1 Russian Federation, IPC A01D 75/00, G01N 33/00. *Device for sampling crushed straw from combine harvesters*]. No. 2023113232: application 05.23.2023: publ. 11.21.2023. VA. Sakharov, AV. Lipkan, AA. Kuvshinov, VS. Usanov; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans. (in Russ.).

Информация об авторах

В. С. Усанов – канд. с.-х наук, вед. науч. сотр.;
В. А. Сахаров – ст. науч. сотр.;
А. В. Липкань – ст. науч. сотр.;
А. А. Кувшинов – ст. науч. сотр.

Information about the authors

V. S. Usanov – Cand. of Agri. Sci., Leading Researcher;
V. A. Sakharov – Senior Researcher;
A. V. Lipkan – Senior Researcher;
A. A. Kuvshinov – Senior Researcher

**Статья поступила в редакцию 07.02.2025;
одобрена после рецензирования 17.02.2025;
принята к публикации 19.02.2025**

**The article was submitted 07.02.2025;
approved after reviewing 17.02.2025;
accepted for publication 19.02.2025**

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ СТАТЕЙ

Редакция научно-практического журнала «Агронаука» приглашает к сотрудничеству учёных, аспирантов, специалистов. К публикации принимаются научные статьи по следующим научным специальностям: 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство; 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии; 5.2. Экономика.

1. Для издания в журнале принимаются ранее не опубликованные статьи, при условии, что они соответствуют требованиям, размещённым на сайте журнала, а также в его текущих номерах.
2. В редакцию по электронной почте **agronauka@vniiso.ru** необходимо предоставить следующие материалы:
 - статью, имя файла которой начинается с фамилии первого автора и первых трёх слов названия статьи;
 - авторские карточки (на каждого автора отдельная карточка), их необходимо заполнить, подписать, сканировать и выслать в формате PDF и Word.
3. Уведомление авторов о получении материалов осуществляется ответственным секретарём в трёхдневный срок.
4. Поступившие статьи проверяются в системе «Руконтекст» для выявления возможных некорректных заимствований и отправляются на рецензирование, по результатам которого принимается окончательное решение о целесообразности опубликования поданных материалов.
5. Редакция имеет право сокращать принятые работы и производить редакционную правку текста, уведомляя авторов. Небольшие исправления стилистического и формального характера вносятся в статью без согласования с авторами.
6. Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются. Редакция оставляет за собой право не рассматривать статьи, оформленные с нарушением правил, или если они не соответствуют тематике журнала.
7. Ответственный секретарь сообщает авторам по электронной почте о результатах рецензирования и о плане публикации статьи.
8. Плата за публикацию статей и издание авторского экземпляра журнала не взимается. При пересылке авторского экземпляра автор оплачивает только почтовые расходы.
9. Авторы несут ответственность за научное содержание и достоверность сведений, используемых в статье, за соблюдение авторских прав третьих лиц, а также за сохранение государственной и коммерческой тайн.

Требования к научным статьям

1. Статьи должны содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными (востребованными) на современном этапе научного развития, либо представлять научно-познавательный интерес, соответствовать тематике журнала.
2. Минимальный объём статьи – 6 страниц. Размеры статей не должны превышать 16 страниц на листах А4, поля – 2,5 см со всех сторон, шрифт Times New Roman, размер – 14 кегль, абзацный отступ – 1,25 см, межстрочный интервал – 1,5. Электронная версия набирается в редакторе Word. Текст формируется без переносов, лишних пробелов и использования специальных стилей, шаблонов и макроканд. Все страницы рукописи должны иметь сквозную нумерацию без пропусков и дополнительных литер.
3. **Правила оформления статьи:**
 - универсальный десятичный код (УДК) – слева в верхнем углу без абзацного отступа;
 - название статьи (ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ), отражающее её содержание, – по центру на русском и английском языках;
 - фамилия, инициалы, учёная степень, должность автора (соавторов), полное название учреждения, e-mail – по центру на русском и английском языках. Принадлежность каждого соавтора тому или иному учреждению отмечается соответствующей цифрой; если все соавторы из одного учреждения, цифры не ставятся;
 - аннотация на русском и английском языках, объёмом от 200 до 250 слов (1000–2000 знаков с пробелами), включающая краткое, точное изложение статьи в соответствии с её структурой (предмет, цель работы, метод и методология проведения работы, результаты и область их применения, выводы). При переводе аннотации на английский язык недопустимо использование машинного перевода. Аннотация не разбивается на абзацы, содержит фактографию и обоснованные выводы. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в английском языке (допускается: ВТО – WTO, ФАО – FAO и т.п.).
 - ключевые слова (6–10 слов) – слева без абзацного отступа на русском и английском языках.
4. В статье необходимо сжато и чётко изложить современное состояние изученности проблемы; сформулировать конкретную цель исследований, которая будет раскрыта в последующем тексте; отразить методику исследований и схему эксперимента (-ов); изложить и проанализировать полученные данные. Структура статьи должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Цель исследований», «Условия, материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы», «Благодарности», «Список источников». Подзаголовки разделов набираются в начале первого абзаца соответствующего раздела прямым полужирным шрифтом.
5. Список источников (не менее 7 и не более 20) приводится на языке оригинала и печатается под заголовком «Список источников» в конце статьи в порядке цитирования работ в тексте. Необходимо строго соблюдать принятые нормы оформления

библиографической ссылки согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008. Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например, [1]. Число источников в сериальных ссылках должно быть не более трёх. Если ссылку приводят на конкретный фрагмент текста документа, в отсылке указывают порядковый номер и страницы, на которых помещён объект ссылки. Сведения разделяют запятой, например, [2, с. 15]. Количество самоцитирований не должно превышать 20 % от списка источников.

6. Рисунки, графики, схемы должны выполняться в графических редакторах, поддерживающих векторную графику. Растровые изображения, например, отсканированные или выполненные в графическом редакторе, допускаются только в исключительных случаях (например, фотографии образцов). Желательно предоставлять все рисунки в виде отдельных файлов в исходном графическом формате. Графические иллюстрации должны быть также выполнены в виде отдельных файлов в исходном графическом формате (если диаграмма сделана в Excel, необходимо приложить исходный файл в формате *.xls, *.xlsx). Оригиналы отсканированных изображений должны быть высокого качества (ксерокопии не допускаются). Все рисунки необходимо пронумеровать, а подписи связать с текстом. В тексте статьи следует дать ссылку на конкретный рисунок, например, (рисунок 3). На рисунках должно быть минимальное количество слов и обозначений. Каждый рисунок должен иметь порядковый номер, название и объяснение значений всех кривых, цифр, букв и прочих условных обозначений, размещённых на рисунке. Фотографии – в растровом формате с разрешением не ниже 300 dpi. Иллюстрации (рисунки, схемы, графики, диаграммы, фотографии) отделяются от последующего текста пустой строкой. Название располагают посередине строки без абзацного отступа через тире (например, Рисунок 1 – Структура выручки от реализации товара). Точка в конце названия не ставится.
7. Числовой материал следует давать в форме таблиц, которые должны быть предоставлены в текстовом редакторе Microsoft Word и пронумерованы по порядку, например, таблица 2. Таблицы должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылки на них. Выше и ниже каждой таблицы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Название помещают над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с её номером через тире (например, Таблица 2 – Доходы фирмы), выравнивание по ширине. Точка в конце названия не ставится. Все графы в таблицах должны также иметь заголовки. При переносе части таблицы на другие страницы, название помещают только над первой частью таблицы; над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы», «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы. Одновременное использование таблиц и графиков (рисунков) для изложения одних и тех же результатов не допускается. Таблицы и графики (рисунки) принимаются строго в книжной ориентации формата А4.
8. В статье научная терминология, обозначения, единицы измерения, символы должны строго соответствовать требованиям государственных стандартов. Все единицы измерения, за исключением процентов, промилле и градусов, отделяются от цифр пробелами. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Пояснения значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения начинается со слова «где» без двоеточия после него и без абзацного отступа. Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всего документа арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке, сама формула размещается по центру строки. Простые внутрискладочные и однострочные математические и химические формулы могут быть набраны без использования специальных редакторов – символами, сложные и многострочные формулы должны быть набраны в редакторах Microsoft Equation 3.0. или MathType 6 и выше (сканированные формулы не принимаются).

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ

1. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих её тематике, с целью их экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних трёх лет публикации по тематике рецензируемой статьи.
2. Рецензирование проводится конфиденциально. Автору рецензируемой работы предоставляется возможность ознакомиться с текстом рецензии. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.
3. Для проведения рецензирования рукописей статей могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала, так и другие специалисты ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, обладающие профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению. Редакция имеет право привлекать внешних рецензентов (докторов или кандидатов наук, в том числе специалистов-практиков, имеющих признанный авторитет и работающих в области знаний, к которой относится содержание рукописи).
4. Рецензентам не разрешается снимать копии с рукописей для своих нужд и запрещается отдавать часть рукописи на рецензирование другому лицу без разрешения редакторов. Рецензенты, а также сотрудники редакции не имеют права использовать знание о содержании работы до её опубликования в своих собственных интересах. Рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. По взаимному желанию автор и рецензент могут общаться без посредства редакции, если это необходимо для работы над рукописью и нет препятствий личного характера.
5. Если публикация статьи повлекла нарушение чьих-либо авторских прав или общепринятых норм научной этики, то редак-

ция журнала вправе изъять опубликованную статью.

6. Срок для написания рецензии устанавливается по согласованию с рецензентом, но не должен превышать 14 дней.
7. В рецензии раскрывается актуальность выполненного исследования, его теоретическая и практическая значимость, научная новизна предлагаемых в статье материалов, доказанность и обоснованность элементов научной новизны статьи, соответствие статьи требованиям и профилю журнала.
8. Если в рецензии содержатся рекомендации по исправлению и доработке статьи, ответственный секретарь журнала направляет автору текст рецензии с предложением учесть их при подготовке нового варианта статьи или аргументировано (частично или полностью) их опровергнуть. Доработанная (переработанная) автором статья повторно направляется на рецензирование. Статья, направленная автору на доработку, должна быть возвращена в исправленном виде в максимально короткие сроки. К переработанной статье необходимо приложить письмо с ответами авторов на все замечания рецензента.
9. Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.
10. В случае несогласия с мнением рецензента автор статьи имеет право предоставить аргументированный ответ в редакцию журнала. В этом случае статья может быть направлена на повторное рецензирование либо на рассмотрение членами редакционной коллегии.
11. Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.
12. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.
13. После принятия решения о допуске статьи к публикации ответственный секретарь журнала информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

Образец авторской карточки

Ф. И. О. (полностью)	
Учёная степень	
Учёное звание	
Полное название организации (место работы)	
Сокращённое название организации (место работы)	
Занимаемая должность	
Адрес (с индексом): рабочий	
домашний (по желанию)	
Телефон (с кодом города): рабочий	
мобильный	
ORCID (Researcher ID, Scopus Author ID)	
Адрес электронной почты	
Дополнительная информация (по желанию)	
Название статьи	
Раздел журнала: 1 – Общее земледелие и растениеводство 2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений 3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений 4 – Технологии, машины и оборудование для АПК 5 – Пищевые системы 6 – Региональная и отраслевая экономика	

* затраты на пересылку авторского экземпляра несёт автор

Автор гарантирует, что размещение этой статьи в журнале «Агронаука» не нарушает ничьих авторских прав.

Автор передаёт на неограниченный срок редакции журнала «Агронаука» неисключительные права на использование представленной статьи посредством её воспроизведения, распространения, использования целиком или фрагментарно, в том числе на размещение, воспроизведение и распространение в сети Интернет.

Автор также удостоверяет, что согласен с Правилами подготовки рукописи к изданию, утверждёнными редакцией журнала.

_____/_____/_____
Подпись автора Ф. И. О.

« ____ » _____ 20 ____ г.

