



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2020 Том 15 № 1

DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-1

agrojournal.rudn.ru

Научный журнал
Издается с 2006 г.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61171 от 30.03.2015 г.
Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Главный редактор

Плющиков В.Г., д-р с.-х. наук, профессор, директор АТИ РУДН, Москва, Российская Федерация
E-mail: plushchikov-vg@rudn.ru

Заместитель главного редактора

Докукин П.А., канд. техн. наук, доцент Агроинженерного департамента АТИ РУДН, Москва, Российская Федерация
E-mail: dokukin-pa@rudn.ru

Ответственный секретарь

Терехин А.А., канд. с.-х. наук, доцент АТИ РУДН, Москва, Российская Федерация
E-mail: terekhin-aa@rudn.ru

Члены редакционной коллегии

Аббоуд-Аби Сааб М., д-р филос. (биология), ведущий научный сотрудник, Национальный центр исследований морской фауны Ливана, Бейрут, Ливан
Акимов В.А., д-р тех. наук, проф., главный научный сотрудник, ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва, РФ
Альтшулер А.М., д-р мед. и общ. наук, проф., Научно-исследовательский институт по чрезвычайным ситуациям, Израиль
Аун Жорж Э., профессор, Государственный университет Ливана, Бейрут, Ливан
Ашайеризаде О., PhD, доцент, Горганский университет сельскохозяйственных наук и природных ресурсов, Горган, Иран
Бабински Л., PhD, проф., Дебреценский университет, Дебрецен, Венгрия
Балестра Д.М., д-р филос. (биология), проф., ведущий научный сотрудник, Университет Тушии, Италия
Бородычев В.В., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, Волгоградский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, Волгоград, РФ
Валентини Р., д-р биол. наук, проф., Университет Тушии, Витербо, Италия
Ватников Ю.А., д-р вет. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Гитас И., PhD, проф., Университет Аристотеля г. Салоники, Греция
Донник И.М., академик РАН, вице-президент РАН, Москва, РФ
Дубенок Н.Н., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Еланский С.Н., д-р биол. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ
Зволинский В.П., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, директор, Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, п. Солёное Займище, Астраханская обл., РФ
Игнатов А.Н., д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник, НЦ «Биоинженерия» РАН, Москва, РФ
Карвальо П.А., PhD, проф., Университет Бразилиа, Бразилиа
Ковеос Д., PhD, проф., декан факультета сельского хозяйства и природных ресурсов, Университет Аристотеля г. Салоники, Греция
Комитов Б., PhD, проф., Институт астрономии Болгарской академии наук, София, Болгария
Кузнецов В.В., д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Левин Е.А., канд. техн. наук, доц., Мичиганский технологический университет, Мичиган-Сити, США
Мадзалья А., д-р филос. (биология), проф., научный сотрудник, Университет Тушии, Италия
Медавар С., проф., декан сельскохозяйственного факультета, Ливанский государственный университет, Бейрут, Ливан
Новиков А.Е., д-р техн. наук, проф., Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, РФ
Овчинников А.С., д-р с.-х. наук, профессор, чл.-кор. РАН, Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, РФ
Савин И.Ю., д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, РФ
Статакис Д., PhD, проф., департамент планирования и регионального развития, Университет Фессалии, Волос, Греция
Сычёв В.Г., д-р с.-х. наук, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, РФ
Уша Б.В., д-р вет. наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАН, Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Московский государственный университет пищевых производств, Москва, РФ
Чамурлиев Г.О., зам. отв. секретаря редколлегии, канд. с.-х. наук, РУДН, Москва, РФ
Шаад Н.В., д-р филос. (биология), проф., ведущий бактериолог, Министерство сельского хозяйства США, Вашингтон, США

**Вестник Российского университета дружбы народов.
Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО**

ISSN 2312–7988 (online); 2312–797X (print)

4 выпуска в год.

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: agroj@rudn.ru

Языки: русский, английский.

Индексируется в РИНЦ (НЭБ), Cyberleninka, DOAJ, CABInt, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

Цели и тематика. Журнал *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство (Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство)* — периодическое рецензируемое научное издание в области сельского хозяйства. Журнал является международным как по составу авторов и тематике публикаций, отражающей проблематику научных исследований в различных регионах мира, так и по составу редакционной коллегии и экспертного совета (рецензентов). Журнал предназначен для публикаций результатов фундаментальных и прикладных научных исследований российских и зарубежных ученых в виде оригинальных научных статей, обзорных научных материалов, научных сообщений, библиографических обзоров по определенным темам научных исследований. Также журнал публикует и распространяет результаты фундаментальных и прикладных исследований, проводимых в коллаборации отечественных и зарубежных ученых по приоритетным проблемам сельскохозяйственной отрасли. В журнале могут быть опубликованы материалы, научная ценность которых и пригодность для публикации оценена рецензентами и редакционной коллегией журнала. Во всех материалах должны соблюдаться этические нормы научных публикаций.

Редакционная коллегия принимает к рассмотрению материалы по направлениям: агрономия, животноводство, ветеринария, зоотехния, ветеринарно-санитарная экспертиза, техносферная безопасность, землеустройство и кадастры, ландшафтная архитектура — для подготовки тематических выпусков с участием приглашенных редакторов.

Журнал рекомендован диссертационными советами РУДН; входит в перечень изданий, публикации которых учитываются Высшей аттестационной комиссией России (ВАК РФ) при защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям: 03.02.01 Ботаника, 03.02.13 Почвоведение, 06.01.01 Общее земледелие растениеводство, 06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель, 06.01.04 Агрехимия, 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений, 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирномасличные культуры, 06.01.07 Защита растений, 06.01.09 Овощеводство, 06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки), 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксинологией и иммунология (ветеринарные науки), 06.02.04 Ветеринарная хирургия (ветеринарные науки), 06.02.07 Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки), 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки).

Требования к статьям и правила рецензирования, электронный архив в открытом доступе и иная дополнительная информация размещены на сайте журнала: <http://agrojournal.rudn.ru>.

Редакторы: О.В. Горячева, М.И. Яблонская
Компьютерная верстка: М.В. Рогова

Адрес редакции:

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Почтовый адрес редакции

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2
Тел.: (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Подписано в печать 13.03.2020. Выход в свет 16.03.2020. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times, Roboto».
Усл. печ. л. 31,62. Тираж 500 экз. Заказ № 1857. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов» (РУДН)
117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
Отпечатано в типографии ИПК РУДН
115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3,
тел. (495) 952-04-41; publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2020 VOLUME 15 No. 1
DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-1
agrojournal.rudn.ru
Founded in 2006

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

Prof. Dr V.G. Plyushchikov
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: pliuschchikov-vg@rudn.ru

DEPUTY CHIEF EDITOR

Dr P.A. Dokukin
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: dokukin-pa@rudn.ru

EXECUTIVE SECRETARY

Dr A.A. Terekhin
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: terekhin-aa@rudn.ru

EDITORIAL BOARD

Marie Abboud-Abi Saab, Dr of Philosophy (Biology), Leading Researcher, National Centre of Sea Animals Research of Lebanon, Beirut, Lebanon

Valeriy A. Akimov, Professor, Dr of Technical Sciences, Chief Researcher, All-Russian Institute for Research of Civil Defense and Emergencies Situations of the Emergencies Ministry of Russia, Moscow, Russian Federation

Aleksandr M. Altshuler, Dr of Medical and Social Sciences, Professor, Emergency Research Institute, Israel

Georges Emilo Aoun, Professor, Academician of the Lebanese University, Beirut, Lebanon

Omid Ashayerizadeh, PhD, Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran

Laszlo Babinszky, PhD, Professor, University of Debrecen, Debrecen, Hungary

Giorgio M. Balestra, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), Leading Researcher, University of Tuscia, Viterbo, Italy

Viktor V. Borodychev, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd Branch of Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Volgograd, Russian Federation

Georgiy O. Chamurliev, Deputy Executive Secretary, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Agricultural Engineering Department, Agrarian Technological Institute, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Paulo A. Carvalho, PhD, Professor, University of Brasilia, Brazil

Irina M. Donnik, Academician of RAS, Vice-president of RAS, Moscow, Russian Federation

Nikolay N. Dubenok, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy of Timiryazev, Moscow, Russian Federation

Sergey N. Elanskiy, Professor, Dr Biology science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Ioannis Gitas, PhD, Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Aleksandr N. Ignatov, Professor, Dr of Biological Sciences, Leading Researcher, Research Centre "Bioengineering", RAS, Moscow, Russian Federation

Dimitris Koveos, Professor, PhD, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Boris Komitov, PhD, Professor, Institute of Astronomy of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Vladimir V. Kuznetsov, Professor, Dr of Biological Sciences, Corresponding Member of RAS, Timiryazev Institute of Plant Physiology, Moscow, Russian Federation

Eugene A. Levin, Associate professor, PhD in Photogrammetry, Michigan Technological University, United States

Angelo Mazzaglia, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), Researcher, University of Tuscia, Viterbo, Italy

Samir Medawar, Professor, dean of the Agricultural Faculty, Lebanese University, Beirut, Lebanon

Andrey E. Novikov, Dr of Technical Sciences, Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Production, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

Aleksey S. Ovchinnikov, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the RAS, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

Igor Y. Savin, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the RAS, Soil Institute of V.V. Dokuchaev, Moscow, Russian Federation

Viktor G. Sychev, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the RAS, director, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry RAS, Moscow, Russian Federation

Norman V. Schaad, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), USA Ministry of Agriculture, Washington, United States

Dimitris Stathakis, Professor, PhD, University of Thessaly, Volos city, Greece

Boris V. Usha, Honoured Scientist of Russia, Academician of RAS, Dr of Veterinary Sciences, Professor, Institute of Veterinary Expertise, Sanitary and Ecology, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

Ricardo Valentini, Professor, Dr of Biological Sciences, Tuscia University, Italy

Yuriy A. Vatnikov, Professor, Dr of Veterinary Sciences, Veterinary Medicine of ATI, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Vyacheslav P. Zvolinskiy, Dr of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the RAS, director, Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Solenoye Zajmishche city, Russian Federation

RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

Published by the RUDN University
(Peoples' Friendship University of Russia),
Moscow, Russian Federation

ISSN 2312–7988 (online); 2312–797X (print)

Publication frequency: 4 issues per year

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: agroj@rudn.ru

Languages: Russian, English

Indexed/abstracted by Russian Science Citation Index (elibrary.ru), Cyberleninka, DOAJ, CABI, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

Aims and Scope

RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries is an peer-reviewed periodical covering the latest research in the field of Agricultural Sciences. The journal is international with regard to its editorial board, contributing authors and thematic foci of the publications reflecting problems of various regions in the world.

The journal publishes original results of Russian and foreign scientific researchers and welcomes research articles, review articles, scientific reports, and bibliographic researches. The journal also publishes and disseminates the results of fundamental and applied research conducted by international collaborations of scientists on the priority problems of the agricultural sector.

The most common topics include Agronomy, Animal industries, Veterinary, Veterinary-sanitary expertise, Land use planning and cadaster, Landscape architecture.

The editors are open to thematic issue initiatives with guest editors. Submitted papers are evaluated by independent reviewers and the Editorial Board members specialized in the article field. All materials must comply with the ethical standards of scientific publications.

In order to expand our readership, we present our journal at scientific conferences, including the annual international conference "Innovation Processes in Agriculture", which is traditionally held at the base of the Agrarian Technological Institute of RUDN University. Each year the conference attracts many agrarian specialists from different parts of the world and continents: Europe, Asia, Africa, North and South America.

Full information for authors, reviewers, and readers (open access to electronic versions and subscription to print editions) can be found at <http://agrojournal.rudn.ru>.

Editors *O.V. Goryacheva, M.I. Yablonskaya*
Computer design *M.V. Rogova*

Address of the Editorial Board:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation
Ph. +7 (495) 952-04-41
e-mail: publishing@rudn.ru

Postal Address of the Editorial Board:

8/2 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russian Federation
Ph. +7 (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Printing run 500 copies. Open price

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
6 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation,
Ph. +7 (495) 952-04-41; e-mail: publishing@rudn.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Морфология и биохимия растений

- Цветкова Ю.В., Ляшко М.У., Стражникова И.И.** Влияние применения инокулянта «Ризоторфин» на содержание хлорофилла в листьях интродуцированных сортов сои и их урожайность..... 7

Растениеводство

- Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М., Шулбаева М.Т.** Овсяный талган как источник антиоксидантов в функциональных продуктах питания..... 19
- Suliman A.A., Abramov A.G., Shalamova A.A., Badran A.M.** Effect of humic acid and naphthalene acetic acid on vegetative growth and fruit quality of tomato plants *Lycopersicon esculentum* (Влияние гуминовой и нафталинуксусной кислоты на вегетативный рост и качество плодов томатов *Lycopersicon esculentum*)..... 30
- Кабанова С.А., Борцов В.А., Данченко М.А.** Результаты опытных работ по адаптации зарубежных технологий интенсивного выращивания посадочного материала сосны обыкновенной в Казахстане..... 40
- Ложкин А.Г., Мальчиков П.Н., Мардарьева Н.В., Сидоров В.В.** Влияние комплексных препаратов серии БиоАктивСоил на урожайность и качество зерна яровой твердой и мягкой пшеницы..... 51

Генетика и селекция растений

- Разумова О.В., Баженов М.С., Никитина Е.А., Назарова Л.А., Романов Д.В., Черноок А.Г., Соколов П.А., Кузнецова В.М., Семенов О.Г., Карлов Г.И., Харченко П.Н., Дивашук М.Г.** Молекулярный анализ гена *GID1* у *Dasyphyrum villosum* и создание ДНК-маркера для его идентификации..... 62
- Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В., Чинченко Н.Н.** Оценка новых генотипов риса кубанской селекции в условиях экологического сортоиспытания на территории Республики Адыгея..... 86

Ветеринария

- Фатахов К.Ф., Девришов Д.А., Литвинов О.Б.** Исследование эффективности нового антипаразитарного препарата пролонгированного действия Липомек 2% на основе ивермектина при сифункулятозах жвачных..... 97

CONTENTS

Morphology and biochemistry of plants

- Tsvetkova Y.V., Lyashko M.U., Strazhnikova I.I.** Affect of Rhizotorphin on chlorophyll content and productivity of introduced soybean cultivars..... 7

Crop production

- Sumina A.V., Polonskiy V.I., Shaldaeva T.M., Shulbaeva M.T.** Oat talgan as a source of antioxidants..... 19
- Suliman A.A., Abramov A.G., Shalamova A.A., Badran A.M.** Effect of humic acid and naphthalene acetic acid on vegetative growth and fruit quality of tomato plants *Lycopersicon esculentum*..... 30
- Kabanova S.A., Bortsov V.A., Danchenko M.A.** Adaptation of foreign technologies of intensive cultivation of scots pine planting material in Kazakhstan..... 40
- Lozhkin A.G., Malchikov P.N., Mardaryeva N.V., Sidorov V.V.** Influence of Bioactivesoil combined fertilizers on yield and quality of spring hard and soft wheat..... 51

Genetics and plant breeding

- Razumova O.V., Bazhenov M.S., Nikitina E.A., Nazarova L.A., Romanov D.V., Chernook A.G., Sokolov P.A., Kuznetsova V.M., Semenov O.G., Karlov G.I., Kharchenko P.N., Divashuk M.G.** Molecular analysis of gibberellin receptor gene *GID1* in *Dasypyrum villosum* and development of DNA marker for its identification..... 62
- Dzhamirze R.R., Ostapenko N.V., Chinchenko N.N.** Evaluation of new rice genotypes of Kuban breeding in conditions of environmental testing in the Republic of Adygea..... 86

Veterinary science

- Fatakhov K.F., Devrishov D.A., Litvinov O.B.** Effectiveness of Lipomek 2%, a new long-acting antiparasitic ivermectin-based drug, in ruminants affected with siphunculosis..... 97



Морфология и биохимия растений Morphology and biochemistry of plants

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-7-18

УДК 635.655:631.847.21(476)

Научная статья / Research article

Влияние применения инокулянта «Ризоторфин» на содержание хлорофилла в листьях интродуцированных сортов сои и их урожайность

Ю.В. Цветкова^{1, 2*}, М.У. Ляшко², И.И. Стражникова³

¹Всероссийский центр карантина растений,

п. Быково, Московская область, Российская Федерация

²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

³ГСХУ «Несвижская сортоиспытательная станция»,

п. Госсортучастка, Минская область, Республика Беларусь

*yutska@mail.ru

Аннотация. Проявление продуктивной симбиотической азотфиксации у бобовых растений зависит от взаимодействия между высшим растением-хозяином и ризобияльными клубеньковыми бактериями. Сложная взаимосвязь фотосинтеза и процесса биологической азотфиксации предопределяет необходимость изучения биологических особенностей культивируемых сортов сои и используемых штаммов клубеньковых бактерий. Работа выполнена на Несвижской сортоиспытательной станции в Минской области Республики Беларусь. Дана оценка интродуцированных сортов сои по содержанию хлорофилла в листьях растений, количеству клубеньков на корнях сои и накоплению общего азота в растениях как взаимозависимых показателей, характеризующих эффективность симбиоза. Установлено, что местный сорт Припять, используемый в качестве контроля, мало отзывчив на инокуляцию семян перед посевом. Обработка семян интродуцированных сортов обеспечила повышение содержания хлорофилла в листьях, способствовала формированию большего числа клубеньков на корнях, достоверную прибавку урожая и накопление большего количества биологического азота. С учетом всех этих показателей сорта сои Галлек, Славянка и Собрини могут быть рекомендованы для масштабной интродукции в районах выращивания сои в Беларуси.

Ключевые слова: соя, инокулянт Ризоторфин, азотфиксация, хлорофилл, симбиотическая активность, урожайность

История статьи:

Поступила в редакцию 20 января 2020 г. Принята к публикации 10 февраля 2020 г.

Заявление о конфликте интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Цветкова Ю.В., Ляшко М.У., Стражникова И.И., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Финансирование. Благодарности.

Компания «АТИ — Агротехнические инновации» безвозмездно предоставила авторам препарат «Ризоторфин», приобретенный у производителя ЭКОС (ФГБНУ ВНИИСХМ), для проведения независимых исследований.

Для цитирования:

Цветкова Ю.В., Ляшко М.У., Стражникова И.И. Влияние применения инокулянта «Ризоторфин» на содержание хлорофилла в листьях интродуцированных сортов сои и их урожайность // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С. 7–18. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-7-18

Affect of Rhizotorphin on chlorophyll content and productivity of introduced soybean cultivars

Yulia V. Tsvetkova^{1, 2*}, Marina U. Lyashko², Inna I. Strazhnikova³

¹Russian Plant Quarantine Center, Moscow Region, Russian Federation

²Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
Moscow, Russian Federation

³Nesvizhskaya Crop Testing Station, Minsk region, Republic of Belarus

*Corresponding author: yutska@mail.ru

Abstract. Biotic nitrogen fixation is a phenomenon mainly depended on mutualistic interrelation between host plant and root nodule bacteria. This interrelation affects photosynthesis and productivity of biological N-fixation and requires studies of biological particularities of grown legume cultivars and effectiveness of *Bradyrhizobium* strains used for seed inoculation. A field experiment was conducted on the territory of Nesvizhskaya Crop Testing Station (Minsk region, Republic of Belarus). Based on chlorophyll and nitrogen content in soybean leaves, number of nodules on roots of cultivars grown, and on quantity of nitrogen accumulated in plants, four soybean cultivars were assessed. The cultivar Pripyat (control) has poorly responded on inoculation, whereas cultivars Slavyanka and Sobrini responded well by increase of chlorophyll and nitrogen content in leaves and by larger number of root nodules. As a result, they produced unusually high seed yields. Therefore, these soybean cultivars may be recommended for wide use in regions of Belarus.

Key words: soybean, inokulum Rhizotorphin, nitrogen fixation, chlorophyll, seed yield

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Research funding. Acknowledgements

АТИ — Агротехнические инновации компания donated bacterial fertilizer Rizotorphin, produced by ECOS (Russian Research Institute of Agricultural Microbiology), for conducting independent studies.

Article history:

Received: 20 January 2019. Accepted: 10 February 2020

For citation:

Tsvetkova YV, Lyashko MU, Strazhnikova II. Affect of Rhizotorphin on chlorophyll content and productivity of introduced soybean cultivars. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):7–8. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-7-18

Введение

Обеспеченность растений азотом — один из основных факторов формирования урожая. Азот входит в состав хлорофилла и белков, в т. ч. и участвующих в фотосинтезе [1]. У бобовых растений имеется два источника питания азотом — это почвенный минеральный азот, включая азот удобрений, и азот, поставляемый клубеньковыми бактериями за счет биологического восстановления атмосферного азота посредством ферментативного комплекса, содержащего нитрагеназу, синтезируемого различными штаммами бактерий рода *Bradyrhizobium* и *Ensifer* в клубеньках на корнях бобовых растений. Такой процесс возможен только при снабжении их продуктами фотосинтеза. Таким образом, с увеличением потребления биологического азота растением возрастает содержание хлорофилла в листьях, что, в свою очередь, приводит к увеличению поступления продуктов фотосинтеза в клубеньки и активизации фиксации атмосферного азота [2]. Такая обоюдодоползная взаимозависимость растения-хозяина и клубеньковых бактерий повышает продуктивность первого. Отмечается высокая степень положительной корреляции между фотосинтезом и биологической азотфиксацией в отсутствие минерального азота в питательной среде [3].

Материалы и методы

Исследования проводились в 2017—2018 гг. на опытных полях ГСХУ «Не-свижская сортоиспытательная станция» в Минской области Республики Беларусь с целью оценки четырех сортов сои местной и зарубежной селекции на отзывчивость обработки семян бактериальным препаратом «Ризоторфин», производимым компанией ЭКОС (при ФГБНУ ВНИИСХМ) и предоставленным компанией АТИ — Агротехнические инновации.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая. Агрохимическая характеристика: pH_{KCl} 5,5...6,0, содержание гумуса 2,71%, содержание обменного калия и подвижного фосфора 400 и 299 мг/кг почвы соответственно.

После уборки предшественника, осенью была проведена вспашка на глубину 20...25 см с одновременным внесением фосфорных и калийных удобрений (P_2O_5 80 кг д.в. и K_2O 120 кг д.в.), согласно местным рекомендациям. Перед посевом почву обработали культиватором АКШ на глубину 3–4 см. На опытных делянках посев сои проводили вручную на глубину 2–3 см, междурядья — 45 см, из расчета 222 тыс. на 1 га, согласно применяемой рекомендации для этого района. Обработку семян препаратом «Ризоторфин» осуществляли вручную в день посева. Площадь делянки — 14,4 м². Повторность — четырехкратная, расположение делянок — рандомизированное. Уход за посевами проводился вручную. Схема опыта включала в себя следующие варианты, размещенные изолированными отдельными блоками:

- 1.1 — Припять (без обработки)
- 1.2 — Галлек (б/о)
- 1.3 — Славянка (б/о)
- 1.4 — Собрины (б/о)
- 2.1 — Припять (обработка препаратом, далее Ризоторфин)
- 2.2 — Галлек (Ризоторфин)
- 2.3 — Славянка (Ризоторфин)
- 2.4 — Собрины (Ризоторфин)

За контрольный вариант был принят местный сорт Припять.

В период проведения опыта регистрировались даты наступления фенологических фаз растений. В фазу цветения и фазу начала образования бобов отбирались высечки листа для анализа на содержание хлорофилла в листьях. Количественное определение хлорофилла проводилось на спектрофотометре GENESYS 10Vis. Концентрацию рассчитывали по уравнениям Винтерманса и Де Мотс для этаноловых вытяжек [6].

Для определения активности формирования симбиотического аппарата на корнях растений сои в фазу цветения и в фазу начала налива бобов с каждой деланки опыта отбирали по 10 растений. Растения выкапывали с небольшим монолитом почвы вокруг стержневого корня. В лаборатории корни очищали, аккуратно промывали, чтобы избежать потери клубеньков, учитывали количество и общую массу клубеньков. Учет урожая проводился по общепринятым методикам сортоиспытания [7].

Результаты исследований

Активность азотофиксации бактериями зависит от температуры и влажности почв. Низкие температуры, переувлажнение или, наоборот, засухи отрицательно сказываются на растении, что в конечном счете обуславливает малоразвитость симбиотического аппарата. В среднем неблагоприятные погодные условия в начальный период вегетации привели к тому, что максимальное количество клубеньков сформировалось не в фазу цветения, а в начале сентября — в фазу бобообразования (рис. 1).

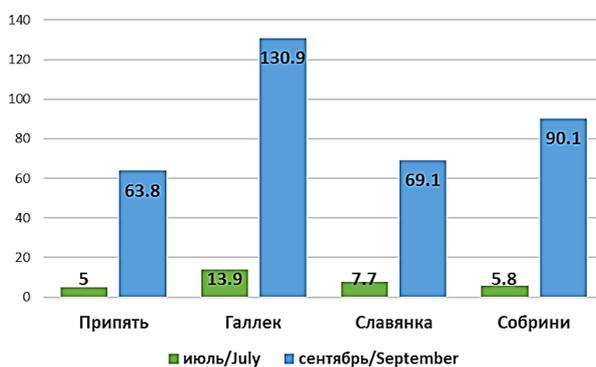


Рис. 1. Количество клубеньков во время вегетации у различных сортов сои, шт./растение

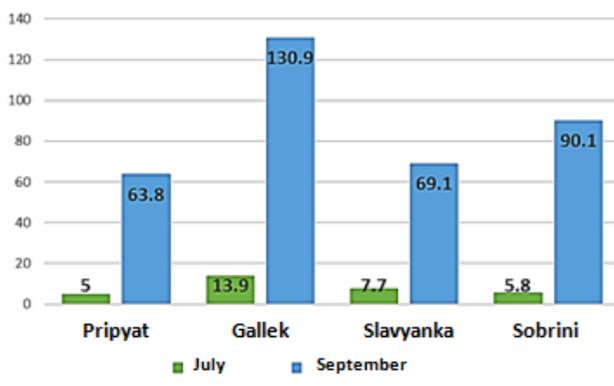


Fig. 1. Number of root nodules in different soybean cultivars during vegetation, nodules per plant

Находившиеся в одинаковых почвенных и погодных условиях растения испытываемых сортов по-разному формировали на корнях симбиотический аппарат. У растений сорта Галлек количество клубеньков было на одну треть больше, чем у сорта Собрини, и в два раза больше, чем у сортов Припять и Славянка. Так как взаимное распознавание симбиотической пары «растение — клубеньковая бактерия» и проникновение бактерий в корневую ткань происходит, в основном, в корневом волоске, есть основание предположить, что число корневых волосков на 1 мм корня у сорта Галлек больше, чем у других сортов. Последующее развитие симбиоза и формирование массы клубеньков, где содержится и действует нитрогеназный комплекс в корнях каждого вида и сорта бобовых растений, зависит от их биологических особенностей [5, 8]. Масса клубеньков, г/раст., приведена на рис. 2. Несмотря на то, что количество клубеньков, образовавшихся на корнях растений сои сорта Галлек, превосходит количество клубеньков сорта Собрини, масса клубеньков на его корнях существенно меньше, чем у сорта Собрини.

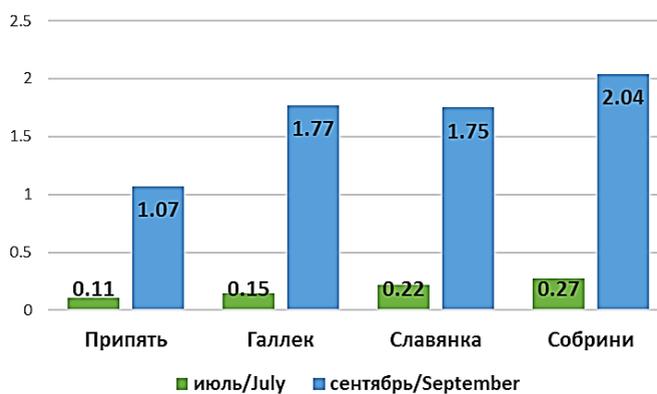


Рис. 2. Масса клубеньков во время вегетации у различных сортов сои, г/растение

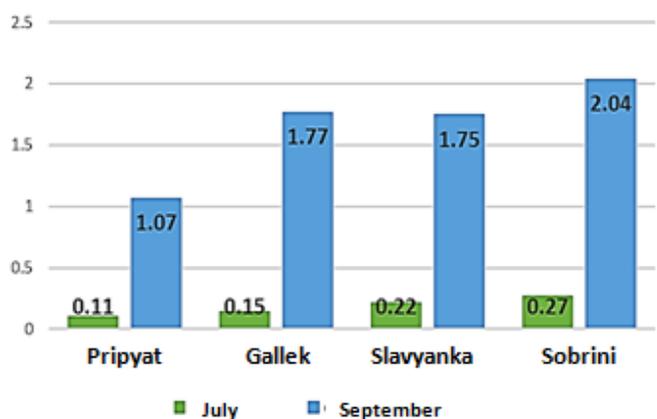


Fig. 2. Weight of root nodules of different soybean cultivars during vegetation, g/plant

Тип азотного питания бобовых растений влияет на трансформацию и транспорт азотистых соединений, а также энергетический обмен в них. Все эти процессы тесно связаны с фотосинтезом. В нашем исследовании на основе анализа содержания хлорофиллов а и б сделана попытка установить влияние преобладающего типа азотного питания на содержание хлорофиллов в листьях сои в критические фазы развития растений сои: в фазу цветения и фазу формирования бобов.

Общее содержание хлорофиллов в растениях в фазу цветения на делянках с применением бактериального препарата не отличается от содержания хлорофиллов в растениях без обработки. Однако следует отметить, что содержание хлорофиллов в листьях интродуцированных сортов (и особенно у сорта Собрини) было выше, чем у местного районированного сорта Припять (рис. 3).

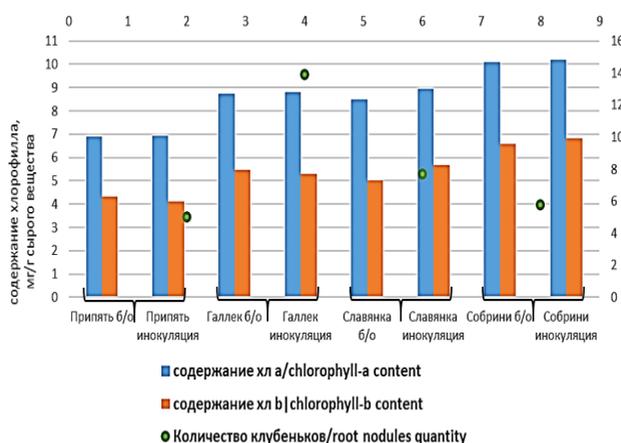


Рис. 3. Зависимость содержания хлорофиллов а и б в растениях сои от обработки семян Ризоторфином в фазу цветения

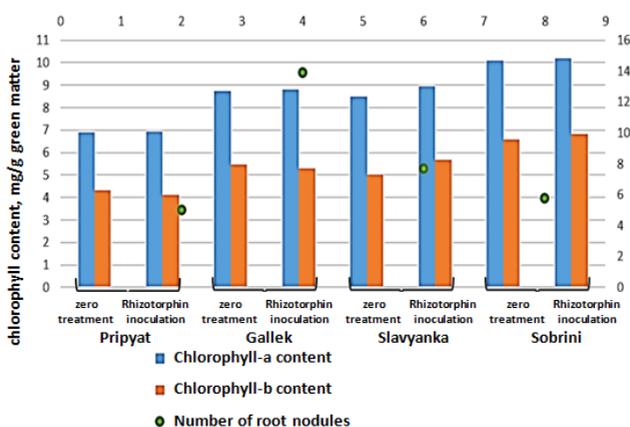


Fig. 3. Effect of Rhizotorphin seed treatment (flowering period) on a and b chlorophyll content in soybean plants

В фазу образования бобов, когда можно предполагать, что симбиотический аппарат развился полностью, среднее количество клубеньков составило от 63 до

130 шт./растение (см. рис. 1). Максимальное содержание хлорофиллов обнаружено у растений сорта Галлек, что можно связать с большим количеством активных клубеньков на корнях растений этого сорта. Меньшее количество клубеньков и меньшее содержание хлорофиллов выявлено в листьях растений сорта Припять (рис. 4).

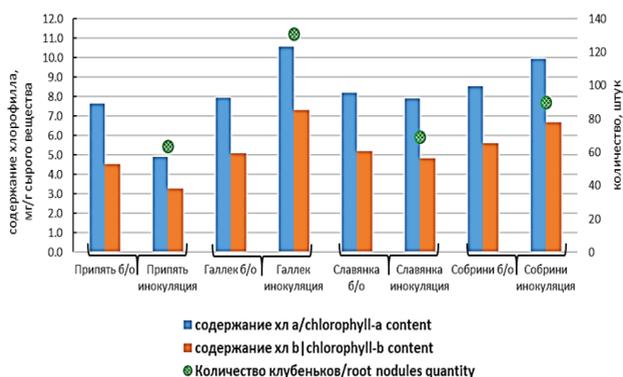


Рис. 4. Зависимость содержания хлорофиллов а и б в растениях сои от обработки семян Ризоторфином в фазу бобообразования

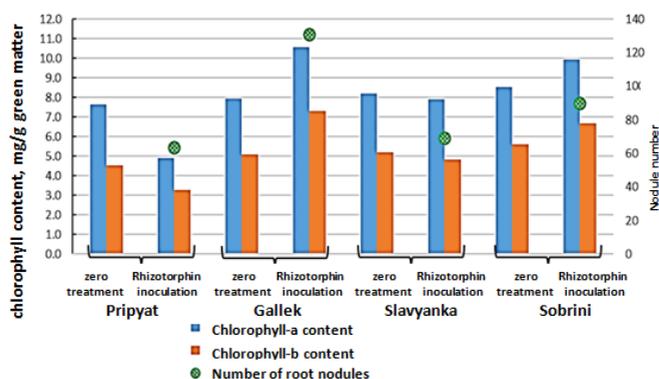


Fig. 4. Effect of Rhizotorphin seed treatment (seed formation period) on a and b chlorophyll content in soybean plants

Определение общего содержания хлорофиллов в листьях сравниваемых сортов сои в различные сроки их вегетации позволяет отметить еще одну их особенность. У сорта Собрини содержание хлорофиллов снижалось в период с 10 июля по 1 сентября, причем на варианте без применения Ризоторфина в меньшей степени, чем на делянках с применением этого препарата (рис. 5). У сорта Галлек в сентябре содержание зеленых пигментов существенно возросло, что, вероятно, обусловлено более активно работающим симбиотическим аппаратом. У сорта Припять содержание хлорофиллов было наиболее низким. Более того, применение инокуляции отрицательно сказывалось на содержании хлорофиллов. В данном случае можно предположить, что симбиотический аппарат не сформировался, и бактерии играли роль иждивенцев во взаимоотношении с растением-хозяином (рис. 5).

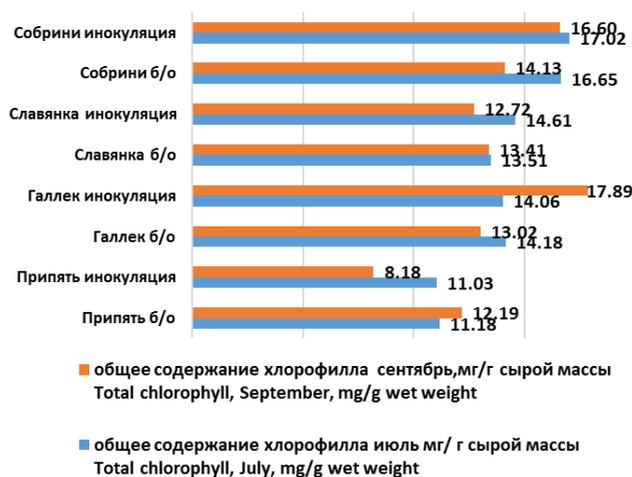


Рис. 5. Общее содержание хлорофиллов в растениях сои в зависимости от обработки семян Ризоторфином

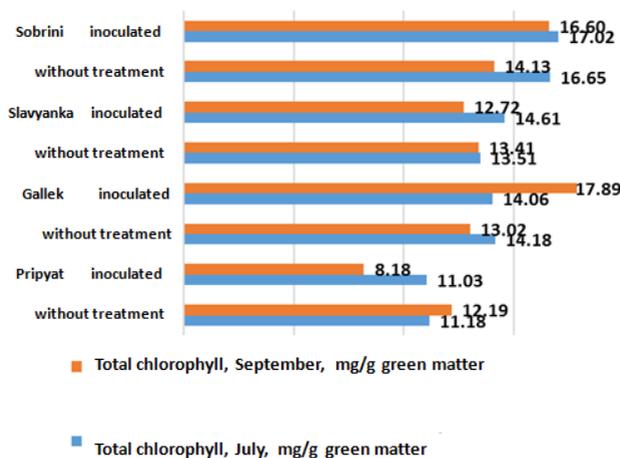


Fig. 5. Effect of Rhizotorphin seed treatment on total chlorophyll content in soybean plants

Общее содержание хлорофиллов в листьях растений сои значительно связано с выносом азота урожаем (коэффициент корреляции $r \approx 0,67$), что доказывает обоюдную связь усиления активности симбиотической азотфиксации за счет снабжения растений продуктами фотосинтеза.

Отмеченную выше разницу в содержании хлорофиллов, количестве и массе клубеньков на растениях, величине и качестве полученного урожая семян, можно объяснить различным проявлением автотрофного и симбиотрофного типов азотного питания растений у испытываемых сортов сои. В вариантах с применением Ризоторфина прибавка урожая семян составляла от 15 до 76%, а интродуцируемые сорта превышали в урожайности районированный сорт Припять на 6...29%. При этом наибольшую отзывчивость на Ризоторфин показал сорт Славянка, превысив урожай на делянке без препарата на 2,2 т/га, а контрольный сорт на 3,4 т/га (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние обработки семян сои Ризоторфином
на урожайность сортов сои, т/га**

Сорт		Средний урожай, т/га	Отклонение по сортам в зависимости от инокуляции, т/га	Отклонение по сортам в зависимости от инокуляции, %	Отклонение от контрольного сорта, %
Припять	–	3,1	1	32,3	
	+	4,1			
Галлек	–	3,3	1,2	36,4	6,5
	+	4,5			9,8
Славянка	–	2,9	2,2	75,9	–6,5
	+	5,1			24,4
Собрини	–	4,0	0,6	15	29,0
	+	4,6			12,2

НСР₀₅ = 0,97

+ семена, обработанные препаратом «Ризоторфин»,

– семена без обработки

Table 1

Effect of Rhizotorphin seed treatment on soybean yield, t/ha

Cultivar		Average yield, t/ha	Cultivars deviation depending on inoculation, t/ha	Cultivars deviation depending on inoculation, %	Deviation from the control, %
Pripyat	–	3.1	1	32.3	
	+	4.1			
Gallek	–	3.3	1.2	36.4	6.5
	+	4.5			9.8
Slavyanka	–	2.9	2.2	75.9	–6.5
	+	5.1			24.4
Sobrini	–	4.0	0.6	15	29.0
	+	4.6			12.2

LSD₀₅ = 0.97 t/ha

+ seeds treated with Rhizotorphin

– seeds without treatment

Обобщенным результатом влияния обработки семян сои Ризоторфином на физиологическое состояние растений сои, оцениваемое по содержанию хлорофиллов в листьях и количеству клубеньков на корнях, является накопление биологического азота в урожае сравниваемых сортов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание азота в семенах сои,%, и вынос азота с урожаем семян

Сорт	N,% ср. в семенах	Урожай, кг/га	Вынос азота с урожаем семян, кг/га
Припять б/о	3,5	3100	109
Припять ризоторфин	4,0	4100	164
Галлек б/о	4,3	3300	142
Галлек ризоторфин	5,6	4500	252
Славянка б/о	4,2	2900	122
Славянка ризоторфин	5,0	5100	255
Собрини б/о	4,8	4000	192
Собрини ризоторфин	6,4	4600	294

Table 2

Nitrogen content in soybean seeds,%, and nitrogen removal by seeds

Cultivar	N,% avg.in seeds	Yield, kg/ha	Nitrogen removal by seeds, kg/ha
Pripyat without treatment	3.5	3100	109
Pripyat Rhizotorphin	4.0	4100	164
Gallek without treatment	4.3	3300	142
Gallek Rhizotorphin	5.6	4500	252
Slavyanka without treatment	4.2	2900	122
Slavyanka Rhizotorphin	5.0	5100	255
Sobrini without treatment	4.8	4000	192
Sobrini Rhizotorphin	6.4	4600	294

Результаты исследований подтвердили значительную связь двух важных физиологических процессов — фотосинтеза и симбиотической азотфиксации бобовых растений, которая отмечалась в работах зарубежных авторов [9—13]. При этом степень проявления этих процессов является характеристикой конкретного выращиваемого сорта, как отмечено, например, в [2, 11, 13].

Заключение

В нашем исследовании дана оценка интродуцированных сортов сои по содержанию хлорофиллов в листьях растений, по количеству клубеньков на корнях сои, накоплению общего азота в семенах как взаимозависимых показателей, характеризующих эффективность симбиоза. Установлено, что местный сорт Припять, используемый в качестве контроля, мало отзывчив на инокуляцию семян перед посевом. Обработка семян интродуцированных сортов «Ризоторфином» способствовала повышению содержания хлорофиллов в листьях, формированию большего числа клубеньков на корнях, обеспечивала достоверную прибавку урожая и, как общий

результат, накопление большего количества биологического азота. С учетом всех этих показателей интродуцируемые сорта сои Галлек, Славянка и Собрины могут быть рекомендованы для масштабной интродукции в районах выращивания сои на землях территории Республики Беларусь.

Библиографический список

1. Bethlenfalvai G.J., Abu-Shakra S.S., Phillips D.A. Interdependence of Nitrogen Nutrition and Photosynthesis in *Pisum sativum* L: II. Host Plant Response to Nitrogen Fixation by Rhizobium Strains // *Plant Physiol.* 1978. Т. 62. № 1. Pp. 131—133. doi: 10.1104/pp.62.1.131
2. Кононов А.С., Шкотова О.Н. Влияние форм азотных удобрений на содержание хлорофилла в одновидовых и смешанных бобово-злаковых агроценозах // *Вестник Брянского государственного университета.* 2012. № 4—1. С. 103—106.
3. Atkins C.A. Efficiencies and inefficiencies in the Legume Rhizobium symbiosis (a review) // *Plant and Soil.* 1984. Т. 82. № 3. Pp. 273—284. doi: 10.1007/BF02184267
4. Бегун С.А., Тильба В.А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции. Благовещенск: ВНИИ сои. 2005. С. 70.
5. Нагорный В.Д., Ляшко М.У. Соя: биология и агротехника: монография. М.: Библио-Глобус, 2018. С. 417.
6. Шлык А.А. О спектрофотометрическом определении хлорофиллов а и b // *Биохимия.* 1968. Т. 33. № 2. С. 275—285.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при Мин-ве сельского хозяйства СССР; под общ. ред. М.А. Федина. 1985. № 1. С. 263.
8. Pate J.S., Atkins C.A. Nitrogen Uptake, Transport and Utilization In Nitrogen Fixation // *Legumes / Ed. W.J. Broughton.* 1983. Т. 3. Pp. 245—298.
9. Pate J.S., Minchin F.R. Comparative studies of carbon and nitrogen of nutrition of selected grain legumes // *Advances in Legume Sci.* Kew: Richmond, 1980. Pp. 105–114.
10. Kundu B.S., Gaur A.C. Establishment of nitrogen-fixing and phosphate-solubilising bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop // *Plant and Soil.* 1980. Т. 57. № 2–3. Pp. 223—230. doi: 10.1007/BF02211682
11. Freire J.R.J. Important limiting factors in soil for the *Rhizobium*-legume symbiosis // *Biological nitrogen fixation Boston / Ed. Alexander M.* Springer: MA, Boston, 1984. Pp. 51–74. doi: 10.1007/978-1-4613-2747-9_3
12. Durand I.L., Sheehy I.E., Minchin F.R. Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation // *J. Exp. Botany.* 1987. Т. 38. № 2. Pp. 311–321. doi: 10.1093/jxb/38.2.311
13. Mark Latimore Jr., Giddens L., Ashley D.A. Effect of ammonium and nitrate nitrogen upon photosynthate supply and nitrogen fixation by soybeans // *Crop. Sci.* 1977. Т. 17. № 3. Pp. 399—404. doi: 10.2135/cropsci1977.0011183X001700030015x

References

1. Bethlenfalvai G.J., Abu-Shakra S.S., Phillips D.A. Interdependence of Nitrogen Nutrition and Photosynthesis in *Pisum sativum* L: II. Host Plant Response to Nitrogen Fixation by Rhizobium Strains. *Plant Physiology.* 1978; 62(1):131–133. doi: 10.1104/pp.62.1.131
2. Kononov A.S., Shkotova O.N. Influence of forms of nitrogen fertilizers on the chlorophyll content in single-species and mixed legume-cereal agroecosystems. *Bryansk State University Herald.* 2012; (4–1):103–106. (In Russ).
3. Atkins C.A. Efficiencies and inefficiencies in the Legume/Rhizobium symbiosis (a review). *Plant and Soil.* 1984; 82(3):273–284. doi: 10.1007/BF02184267
4. Begun S.A., Tilba V.A. *Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnykh shtammov klubennykh bakterii soi. Metody analiticheskoi seleksii* [Methods and techniques for studying and selecting effective strains of soybean nodule bacteria. Methods of analytical selection]. Blagoveshchensk: Zeya Publ; 2005. (In Russ).
5. Nagorny V.D., Lyashko M.U. *Soya: biologiya i agrotekhnika* [Soybean: biology and agrotechnology]. Moscow: Biblio-Globus Publ; 2018. (In Russ).

6. Shlyk AA. Spectrophotometric determination of chlorophyll a and b. *Biochemistry*. 1968; 33(2):275–285. (In Russ).
7. Fedin MA Methods of state variety testing of agricultural crops. Ministry of Agriculture of the USSR; 1985. (In Russ).
8. Pate JS, Atkins CA. Nitrogen uptake, transport and utilization in nitrogen fixation. In: Broughton WJ. (ed.) Vol. 3. *Legumes*. Oxford: Clarendon Press; 1983. p. 245–298.
9. Pate JS, Minchin FR. Comparative studies of carbon and nitrogen of selected grain legumes. In: Summerfield RJ, Bunting AH. (eds.) *Advances in legume science*. Richmond, UK: Royal Botanic Gardens; 1980. p. 105–114.
10. Kundu BS, Gaur AC. Establishment of nitrogen-fixing and phosphate-solubilising bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop. *Plant and Soil*. 1980; 57(2–3):223–230. doi: 10.1007/BF02211682
11. Freire JRJ. Important limiting factors in soil for the Rhizobium-legume symbiosis. In: Alexander M. (ed.) *Biological Nitrogen Fixation*. Boston, MA: Springer; 1984. p. 51–74. doi: 10.1007/978-1-4613-2747-9_3
12. Durand IL, Sheehy IE, Minchin FR. Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation *J Exp Botany*. 1987; 38(2):311–321. doi: 10.1093/jxb/38.2.311
13. Mark Latimore Jr, Giddens L, Ashley DA. Effect of ammonium and nitrate nitrogen upon photosynthate supply and nitrogen fixation by soybeans. *Crop Science*. 1977; 17(3):399–404. doi: 10.2135/cropsci1977.0011183X001700030015x

Об авторах:

Цветкова Юлия Владиславовна — агроном лаборатории микологии, ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», Российская Федерация, 140150, Московская область, Раменский район, п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; магистр, агробиологический департамент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: yutska@mail.ru

Ляшко Марина Устимовна — кандидат биологических наук, доцент агробиологического департамента, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: nagvic@yandex.ru

Стражникова Инна Ивановна — начальник отдела испытания сортов сельскохозяйственных растений на хозяйственную полезность, ГСХУ «Несвижская сортоиспытательная станция», Республика Беларусь, 222603, Минская область, Несвижский район, пос. Госсортучастка, ул. Кутузова, д. 47, e-mail: strazhnikova.inna@mail.ru

About Authors:

Tsvetkova Yulia Vladislavovna — agronomist, laboratory of mycology, Russian Plant Quarantine Center, 32, Pogranichnaya st., Bykovo vil., Ramensky district, Moscow region, Russian Federation, 140150; Master, Agrobiological Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8, Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation, 117198; e-mail: yutska@mail.ru

Lyashko Marina Ustimovna — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Agrobiological Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8, Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation, 117198; nagvic@yandex.ru

Strazhnikova Inna Ivanovna — Head of the Department of Testing Agricultural Plant Cultivars for Economic Utility, Nesvizhskaya Crop Testing Station, 47, Kutuzova st., Gossortuchastka vil., Nesvizh District, Minsk Region, Republic of Belarus, 222603; strazhnikova.inna@mail.ru

Растениеводство Crop production

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-19-29
УДК 633.14: 631.52

Научная статья / Research article

Овсяный талган как источник антиоксидантов в функциональных продуктах питания

А.В. Сумина^{1*}, В.И. Полонский^{2, 5}, Т.М. Шалдаева³, М.Т. Шульбаева⁴

¹Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова,
г. Абакан, Российская Федерация

²Красноярский государственный аграрный университет,
г. Красноярск, Российская Федерация

³Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

⁴Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация

⁵Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация
*alenasumina@list.ru

Аннотация. Цель исследования состояла в изучении суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в национальном хакасском продукте талган на основе зерна овса. Талган изготавливали по традиционному (обжаривание, измельчение) и инновационному (измельчение, обжаривание) способам. В данной серии опытов использовали три сорта овса: Аргумент и Тубинский, по типу зерновки относящиеся к пленчатым формам, Голец — к голозерным. Все образцы выращивались на территории Бейского госсортоучастка Республики Хакасия, которая характеризуется благоприятными климатическими условиями с позиций выращивания зерна с повышенным содержанием антиоксидантов. Для определения ССА в зерне использовали 2 растворителя: бидистиллированную воду и 70%-й этанол. Измерение ССА выполняли на приборе «Цвет Яуза-01-АА». В качестве образца сравнения использовали галловую кислоту. В овсяном талгане, изготовленном по традиционному способу из пленчатых образцов, суммарное содержание антиоксидантов имело более высокое значение, чем в исходном зерне до обработки (независимо от природы элюента), а в случае применения голозерного образца наблюдалась обратная тенденция. Более высокие показатели среди всех образцов были зарегистрированы при использовании в качестве элюента горячей бидистиллированной воды. Применение инновационного способа изготовления талгана показало, что суммарное содержание антиоксидантов у всех образцов имело более высокие значения в сравнении с традиционной методикой. С помощью трехфакторного анализа установлено, что значения ССА в овсяном талгане на две трети зависят от способа изготовления продукта, вклад природы растворителя и генотипа значительно меньше.

© Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М., Шульбаева М.Т., 2019.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Ключевые слова: талган, овес, сорт, зерно, бидистиллированная вода, спирт, суммарное содержание антиоксидантов, элюент, Республика Хакасия

История статьи:

Поступила в редакцию: 25 октября 2019 г. Принята к публикации: 17 января 2020 г.

Для цитирования:

Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М., Шулбаева М.Т. Овсяный талган как источник антиоксидантов в функциональных продуктах питания // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С. 19–29. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-19-29

Oat talgan as a source of antioxidants

Alena V. Sumina^{1*}, Vadim I. Polonskiy^{2,5}, Tatyana M. Shaldaeva³,
Margarita T. Shulbaeva⁴

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation

²Katanov Khakass State University, Abakan, Russian Federation

³Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russian Federation

⁴Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

⁵Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

*Correspondent author: alenasumina@list.ru

Abstract. The purpose of the study was to analyze the total content of antioxidants (TAC) in the national Khakass product talgan consisted of oats grain. Talgan was prepared according to traditional (frying, grinding) and innovative (grinding, frying) methods. In this series of experiments, three oat cultivars were used: Argument (chaffy caryopsis), Tubinsky (chaffy caryopsis) and Golets (bare-grained). All samples were grown on the territory of the Beysk state section of the Republic of Khakassia, which was characterized by favorable climatic conditions for growing grain with a high antioxidant content. For TAC determination in grain, 2 solvents were used — bidistilled water and 70% ethanol. The TAC measurement was performed on ‘Tsvet Yauza-01-AA’. Gallic acid was used as a reference sample. In oat talgan, prepared according to the traditional method from chaffy caryopsis samples, the total content of antioxidants had a higher value than that before processing (regardless of the nature of eluting solvent). However, the opposite tendency was observed in the case of bare-grained sample. Higher rates among all samples were recorded when using hot bidistilled water as eluting solvent. The use of innovative method for production of talgan showed that the total content of antioxidants in all samples had higher values in comparison with the traditional method. Using a three-factor analysis, it was found that the TAC values in oat talgan were two-thirds dependent on the method of preparing the product; solvent nature and genotype affected much less.

Key words: talgan, oats, variety, grain, bidistilled water, alcohol, total antioxidant content, eluting solvent, Republic of Khakassia

Article history:

Received: 25 October 2019. Accepted: 17 January 2020

For citation:

Sumina AV, Polonskiy VI, Shaldaeva TM, Shulbaeva MT. Oat talgan as a source of antioxidants. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):19–29. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-19-29

Введение

Одним из важных направлений развития российской пищевой промышленности является расширение ассортимента функциональных продуктов питания для населения страны, следовательно необходим поиск соответствующих пищевых источников. Сегодня потребители предъявляют к продовольственным продуктам высокие и разнообразные требования, поэтому, чтобы быть конкурентоспособными на полках магазинов, продукты должны, во-первых, соответствовать вкусовым ожиданиям потребителей, во-вторых, быть полезными и функциональными, т.е. предназначенными для систематического потребления всеми возрастными группами здорового населения. Научно обосновано, что включение в диету функциональных продуктов питания способно снизить риск развития ряда заболеваний, сохранять и улучшать здоровье за счет наличия в их составе, например, пищевых волокон, витаминов, бетаинов, антиоксидантов. Одним из важных показателей качества пищевых продуктов и ингредиентов выступает их антиоксидантная активность [1, 2].

При изучении уровня общей антиоксидантной активности цельного зерна кукурузы, овса, пшеницы и риса было установлено, что у кукурузы данный показатель имел значение 181,4 мкмоль витамина С экв/г зерна, пшеницы — 76,7, овса — 74,7, риса — 55,7 [3]. Как известно, значительная часть фенольных соединений в зерне находится в связанном виде (85% в зерне кукурузы, 76% у пшеницы, 75% у овса, 62% в зерне риса) [4]. Именно связанные фенольные соединения вносят основной вклад в антиоксидантную активность зерна [3, 4].

При сравнении по наличию фенолов готовых к употреблению зерновых продуктов с овощами и фруктами было установлено, что рекомендуемая порция цельного зерна злаков дает существенно большее количество связанных фенолов, которые доступны для обмена веществ в толстой кишке [5]. Уровни содержания полифенолов и общая антиоксидантная способность в средней порции (40 г) зерновых завтраков на овсяной основе были сопоставимы с таковыми, выявленными в овощах и фруктах [6].

Кроме того, сегодня активно рассматриваются различные аспекты переработки зернового сырья с целью получения муки с улучшенной антиоксидантной активностью и более высоким суммарным содержанием фенольных соединений путем смешивания различных типов зерновых фракций [7, 8]. Установлено, что отруби, полученные из зерна риса, пшеницы, овса, ячменя, содержат фенольные кислоты (феруловая кислота), флавоноиды (антоцианы), витамины (каротиноиды, токолы) и другие соединения [9]. Хлеб, изготовленный из таких отрубей, отличался повышенным уровнем антиоксидантов [10].

Национальные блюда, как правило, имеют в своем составе ключевой пищевой компонент. К примеру, в некоторых хакасских национальных блюдах используют обжаренное и определенным образом измельченное зерно пшеницы. Многие составляющие национальной кухни на сегодняшний день перешли в категорию функциональных продуктов питания, что можно объяснить не только их высокими вкусовыми качествами, но и полезными для здоровья свойствами, подтвержденными научными исследованиями, например, кисломолочные продукты (айран, пызылах, потхы и др.) [11].

Широко известно, что зерно овса имеет высокую питательную ценность, содержит ненасыщенные жирные кислоты, основные минеральные элементы, белки и бета-глюканы (самые высокие уровни среди зерновых злаков), а также характеризуется наличием разнообразных химических веществ, проявляющих антиоксидантные свойства.

Цель исследования заключалась в анализе суммарного содержания антиоксидантов в национальном хакасском продукте — талгане на основе зерна овса, полученном традиционным и инновационным способами.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили образцы талгана, изготовленного из обжаренного зерна овса различных сортов (табл. 1). Они были выращены на территории Бейского госсортоучастка Республики Хакасия, расположенной в зоне степи предгорий на обыкновенных и южных черноземах. Данная территория характеризуется благоприятными климатическими условиями для выращивания зерна с повышенным содержанием в нем антиоксидантов [12]. Сорта Аргумент и Тубинский по типу зерновки относятся к пленчатым формам, Голец — к голозерным. Продолжительность вегетационного периода у исследуемых образцов была практически одинакова.

Таблица 1

Характеристика сортов овса, используемых при изготовлении талгана

№	Сорт	Разновидность	Масса 1000 зерен, г	Вегетационный период, дней	Средняя урожайность, ц/га	Уровень устойчивости
1	Аргумент	Мутика	36...45	75...96	52,4	К полеганию — выше среднего. Засухоустойчивость несколько уступает стандартам
2	Тубинский	Мутика	34...41	71...89	30,1	К полеганию — средняя. Засухоустойчивость на уровне стандартов
3	Голец	Инермис	20...27	73...92	17,2	К полеганию и засухе — на уровне средних стандартов

Table 1

Characteristics of oats cultivars used for talgan production

№	Cultivar	Type	1000 seedweight, g	Vegetative period, days	Yield, c/ga	Sustainability level
1	Argument	mutica	36...45	75...96	52.4	To lodging — above average. Drought tolerance somewhat inferior to standards
2	Tubinsky	mutica	34...41	71...89	30.1	Average lodging tolerance. Standard drought tolerance
3	Golets	inermis	20...27	73...92	17.2	Standard lodging and drought tolerance

Овсяный талган готовили двумя способами. Первый — традиционный (прототипом является изготовление хакасского национального блюда — ячменного и пшеничного талгана), где на первом этапе производили термическую обработку зерна овса с последующим его измельчением. Предварительно зерно овса с оболочкой (если это пленчатая форма) подвергали очистке от посторонних примесей, затем зерно подвергали термической обработке (обжаривали) на протяжении 10 мин при 150 °С; далее охлаждали и измельчали до размера частиц 0,25...0,7 мм. К достоинствам данного способа можно отнести относительную простоту изготовления продукта, к недостаткам — длительную термообработку, приводящую к частичному разрушению биологически активных веществ, микро- и макронутриентов зерна. Поэтому в работе мы использовали еще один вариант изготовления овсяного талгана, предложенный Д. М. Бородулиным, М. Т. Шульбаевой и др., при котором менялся порядок действий: сначала зерно измельчали, а затем его обжаривали термически [11].

Определение суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в пробах овсяного талгана проводили в следующей последовательности: на первом этапе получали водный и водно-спиртовой экстракт, фильтровали, а затем с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА» измеряли суммарное содержание антиоксидантов [13]. Повторность измерения трехкратная. Достоверность результатов оценивали по t-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы обработки данных полевого опыта FieldExpert v1.3 Pro [14] и MicrosoftExcel 2003.

Результаты и обсуждение

При исследовании овсяного талгана, изготовленного по традиционному способу (термическая обработка — измельчение), было установлено, что наибольшее значение ССА наблюдается в образце талгана, полученном из зерна сорта Аргумент (табл. 2). Интересно отметить, что в талгане из пленчатых образцов овса суммарное содержание антиоксидантов в продукте имело более высокое значение по сравнению с исходным зерном до его обработки (независимо от природы элюента). При использовании голозерного образца наблюдали обратную картину — снижение содержания антиоксидантов в продукте практически на 5%. При этом более высокие показатели были зарегистрированы, когда в качестве элюента применяли горячую бидистиллированную воду.

Таблица 2

Суммарное содержание антиоксидантов в овсяном талгане, изготовленном по традиционной технологии (термическая обработка — измельчение)

Элюент	Сорт овса		
	Аргумент	Тубинский	Голец
Антиоксидантная активность зерна до обработки, мг/100 г			
Вода бидист.	46,5±0,2 а*	39,1±0,5 б	49,3±0,5 в
70% спирт	45,0±0,3 а	34,1±0,5 б*	45±0,3 а*

Окончание таблицы 2

Элюент	Сорт овса		
	Аргумент	Тубинский	Голец
Антиоксидантная активность зерна после обработки (талган), мг/100 г			
Вода бидист.	50,5±0,6 а*	40,4±0,4 б	48,6±0,4 а
70% спирт	46,2±0,5 а	37,2±0,3 б*	41±0,6 в*
Изменение показателя (+/-),%			
Вода бидист.	8,6	3,3	-1,4
70% спирт	2,6	9,1	-9,8

Примечание. Средняя арифметическая величина и ошибка средней; значения в колонках с разными буквами различаются существенно между собой в пределах каждой строки по t-критерию при $p \leq 0,05$; *значения между вариантами различаются существенно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при $p \leq 0,05$.

Table 2

Total content of antioxidants in oat talgan prepared according to traditional technology (heat treatment – grinding)

Eluting solvent	Oat cultivar		
	Argument	Tubinsky	Golets
Grain antioxidant activity before treatment, mg/100 g			
Bidistilled water	46.5±0.2 а*	39.1±0.5 б	49.3±0.5 с
70% alcohol	45.0±0.3 а	34.1±0.5 б*	45±0.3 а*
Grain antioxidant activity after treatment (talgan), mg/100 g			
Bidistilled water	50.5±0.6 а*	40.4±0.4 б	48.6±0.4 а
70% alcohol	46.2±0.5 а	37.2±0.3 б*	41±0.6 с*
Indicator change (+/-),%			
Bidistilled water	8.6	3.3	-1.4
70% alcohol	2.6	9.1	-9.8

Note. Arithmetic mean and mean error; values in columns with different letters differ significantly among themselves within each row according to the t-criterion at $p \leq 0.05$; * the values between the variants differ significantly among themselves within each column according to the t-criterion at $p \leq 0.05$.

При изготовлении талгана в иной технологической последовательности, когда сначала измельчали зерно, а затем проводили термическую обработку уже измельченного зерна, суммарное содержание антиоксидантов в продукте имело достоверно более высокие значения в сравнении с традиционной методикой (табл. 3). Подчеркнем, что все образцы талгана, включая изготовленный из голозерного овса, имели после переработки более высокие значения ССА. При этом среднее увеличение ССА в овсяном талгане с использованием в качестве растворителя бидистиллированной воды и 70% этилового спирта составило соответственно 24,1 и 20,7%. Данный экспериментальный факт указывает на то, что функциональные свойства продукта, полученного на основе зерна овса, не только не снизились в процессе термической обработки, а наоборот стали существенно выше.

Таблица 3

**Суммарное содержание антиоксидантов в овсяном талгане,
изготовленном по новой технологии
(измельчение – термическая обработка)**

Элюент	Сорт овса		
	Аргумент	Тубинский	Голец
Антиоксидантная активность зерна до обработки, мг/100 г			
Вода бидист.	46,5±0,2 а*	39,1±0,5 б*	49,3±0,5 в*
70% спирт	45,0±0,3 а*	34,1±0,5 б*	45±0,3 а*
Антиоксидантная активность зерна после обработки (талган), мг/100 г			
Вода бидист.	56,6±0,5 а*	60,3±0,3 б*	61,1±0,6 б*
70% спирт	53,8±0,4 а*	44,3±0,4 б*	58,2±0,6 в*
Изменение показателя (+/-),%			
Вода бидист.	21,7	54,2	23,9
70% спирт	19,6	29,9	29,3

Примечание. Средняя арифметическая величина и ошибка средней; значения в колонках с разными буквами различаются существенно между собой в пределах каждой строки по t-критерию при $p \leq 0,05$; *значения между вариантами различаются существенно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при $p \leq 0,05$.

Table 3

**Total content of antioxidants in oat talgan prepared according
to the new technology (grinding – heat treatment)**

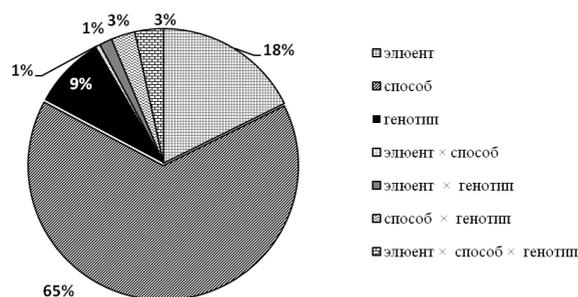
Eluting solvent	Oat cultivar		
	Argument	Tubinsky	Golets
Grain antioxidant activity before treatment, mg/100 g			
Bidistilled water	46.5±0.2 a*	39.1±0.5 b*	49.3±0.5 c*
70% alcohol	45.0±0.3 a*	34.1±0.5 b*	45±0.3 a*
Grain antioxidant activity after treatment (talgan), mg/100 g			
Bidistilled water	56.6±0.5 a*	60.3±0.3 b*	61.1±0.6 b*
70% alcohol	53.8±0.4 a*	44.3±0.4 b*	58.2±0.6 c*
Indicator change (+/-),%			
Bidistilled water	21.7	54.2	23.9
70% alcohol	19.6	29.9	29.3

Note. Arithmetic mean and mean error; values in columns with different letters differ significantly among themselves within each row according to the t-criterion at $p \leq 0.05$; * the values between the variants differ significantly among themselves within each column according to the t-criterion at $p \leq 0.05$.

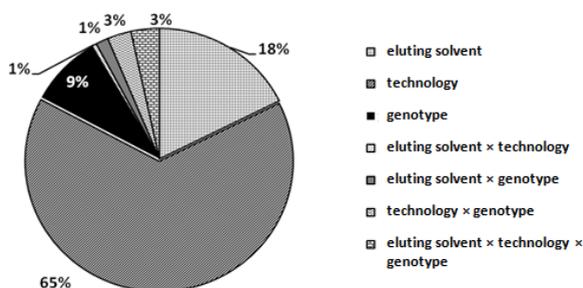
Заметим, что в отличие от первого (традиционного) способа, образец овсяного талгана, изготовленный по новой технологии из голозерного сорта, имел не меньшее значение ССА, чем полученные продукты из пленчатых форм.

На следующем этапе исследования, используя трехфакторный анализ, установили зависимость показателя ССА от варианта изготовления талгана, природы

элюента и генотипа. Полученные данные приведены на рисунке. Можно видеть, что значения ССА в овсяном талгане на две трети зависели от способа изготовления продукта, при этом вклад природы растворителя и генотипа был значительно меньше. На долю остальных факторов пришлось всего 8,4%. Их в порядке уменьшения можно расположить следующим образом: «элюент × генотип × способ» > «способ × генотип» > «элюент × генотип» > «элюент × способ».



Влияние условий изготовления овсяного талгана на суммарное содержание в нем антиоксидантов



Influence of preparing conditions on the total antioxidant content in oat talgan

Сегодня особое внимание исследователей сосредоточено на извлечении антиоксидантных соединений (в основном полифенолов) из недорогих растительных источников [5], к которым можно отнести зерно овса. Цельнозерновые овсяные крупы являются хорошим источником многих антиоксидантов: витамина Е, фолиевой кислоты, фенольных соединений, каротиноидов, фитиновой кислоты, при этом в процессе пищеварения их антиоксидантная способность увеличивается. Кроме того, по питательности и калорийности овсяная крупа относится к ценным продуктам, а по содержанию белка, жира, фосфора, железа она значительно богаче других круп, за исключением гречневой и бобовой. На территории республик Хакасия, Тува и многих других субъектов Российской Федерации население использует в пищу продукты, изготовленные на основе зерновых культур, в частности овса. Поэтому описанный в работе инновационный подход к приготовлению талгана на основе зерна овса, сопровождающийся заметным повышением в составе получаемого продукта уровня ССА, отвечает требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам питания, и может быть введен в диету здорового питания населения.

Заключение

Таким образом, при использовании в пищу продуктов, изготовленных на основе зерна овса, организм человека получает и усваивает уже обработанные ферментами химические вещества и экономит собственные силы. Как известно, ограничивающим фактором в использовании многих натуральных компонентов в функциональных продуктах питания является относительно небольшой срок и особые условия их хранения. Данное условие не относится к зерну, кроме того, за счет термической обработки дробленого зерна овса можно увеличить функциональную ценность, длительность хранения и годность продукта, что было зарегистрировано при проведении данного исследования. При этом улучшаются физико-химические и органолептические показатели продукта.

Описанный в настоящей работе инновационный подход к приготовлению талгана на основе зерна овса (измельчение с последующим обжариванием), сопровождается существенным повышением в составе получаемого продукта уровня ССА. Такой продукт обладает высокой питательной ценностью, представляет собой готовую к использованию форму, имеет длительный срок хранения, невысокую стоимость и отвечает требованиям, предъявляемым к функциональным продуктам питания.

Библиографический список

1. Moure A., Cruz J.M., Franco D., Domínguez J.M., Sineiro J., Domínguez H., Núñez M.J., Parajó J.C. Natural antioxidants from residual sources // *Food Chemistry*. 2001. V. 72. No. 2. Pp. 145–171. doi: 10.1016/S0308–8146(00)00223–5doi.org/10.1016/S0308–8146(00)00223–5
2. Tufan A.N., Çelik S.E., Özyürek M., Güçlü K., Apak R. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHER-CUPRAC method // *Talanta*. 2013. V. 108. No. 4. Pp. 136–142. doi.org/10.1016/j.talanta.2013.02.061.
3. Adom K.K., Liu R.H. Antioxidant Activity of Grains // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. V. 50. No. 21. Pp. 6182–6187. doi: 10.1021/jf0205099
4. Liu R.H. Whole grain phytochemicals and health // *Journal of Cereal Science*. 2007. V. 46. No. 3. Pp. 207–219. doi: 10.1016/j.jcs.2007.06.010
5. Neacsu M., McMonagle J., Fletcher R.J., Scobbie L., Duncan G.J., Cantlay L., de Roos B., Duthie G.G., Russell W.R. Bound phytochemicals from ready-to-eat cereals: Comparison with other plant-based foods // *Food Chemistry*. 2013. V. 141. No. 3. Pp. 2880–2886. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.05.023
6. Ryan L., Thondre P.S., Henry C.J.K. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011. V. 24. No. 7. Pp. 929–934. doi: 10.1016/j.jfca.2011.02.002
7. Das A.K., Singh V. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize // *Journal of Functional Foods*. 2015. V. 13. No. 2. Pp. 363–374. doi: 10.1016/j.jff.2015.01.012
8. Aprodu I., Banu I. Antioxidant properties of wheat mill streams // *Journal of Cereal Science*. 2012. V. 56. No. 2. Pp. 189–195. doi: 10.1016/j.jcs.2012.05.005
9. Patel S. Cereal bran fortified-functional foods for obesity and diabetes management: Triumphs, hurdles and possibilities // *Journal of Functional Foods*. 2015. V. 14. Pp. 255–269. doi: 10.1016/j.jff.2015.02.010
10. Menga V., Fares C., Troccoli A., Cattivelli L., Baiano A. Effects of genotype, location and baking on the phenolic content and some antioxidant properties of cereal species // *International Journal of Food Science and Technology*. 2010. V. 45. No. 1. Pp. 7–16. doi: 10.1111/j.1365–2621.2009.02072.x
11. Бородулин Д.М., Шулбаева М.Т., Мусина О.Н., Шепуева Б.М. Инновационная технология получения талгана как компонента функциональных пищевых продуктов, учитывающих национальные традиции питания // *Техника и технология пищевых производств*. 2017. Т. 46. № 3. С. 15–22.

12. Федина П.А., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // *Химия растительного сырья*. 2010. № 2. С. 91–97.
13. Полонский В.И., Сумина А.В., Шалдаева Т.М. Содержание антиоксидантов в зерне сибирских сортов овса, выращенного в различных условиях // *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 1. С. 18–24.
14. Акимова О.И., Акимов Д.Н. Использование статистических методов обработки опытных данных при выполнении студенческих научных работ // *Вестник ХГУ*. 2016. № 18. С. 76–78.

References

1. Moure A, Cruz JM, Franco D., Domínguez JM, Sineiro J, Domínguez H, et al. Natural antioxidants from residual. *Food Chemistry*. 2001; 72(2):145–171. doi: 10.1016/S0308–8146(00)00223–5doi.org/10.1016/S0308–8146(00)00223–5
2. Tufan AN, Çelik SE, Özyürek M, Güçlü K, Apak R. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHER-CUPRAC method. *Talanta*. 2013; 108(4):136–142. doi: 10.1016/j.talanta.2013.02.061.
3. Adom KK, Liu RH. Antioxidant Activity of Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002; 50(21):6182–6187. doi: 10.1021/jf0205099
4. Liu RH. Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*. 2007; 46(3):207–219. doi: 10.1016/j.jcs.2007.06.010
5. Neacsu M, McMonagle J, Fletcher RJ, Scobbie L, Duncan GJ, Cantlay L, et al. Bound phytophenols from ready-to-eat cereals: Comparison with other plant-based foods. *Food Chemistry*. 2013; 141(3):2880–2886. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.05.023
6. Ryan L, Thondre PS, Henry CJK. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011; 24(7):929–934. doi: 10.1016/j.jfca.2011.02.002
7. Das AK, Singh V. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize. *Journal of Functional Foods*. 2015; 13(2):363–374. doi: 10.1016/j.jff.2015.01.012
8. Aprodu I, Banu I. Antioxidant properties of wheat mill streams. *Journal of Cereal Science*. 2012; 56(2):189–195. doi: 10.1016/j.jcs.2012.05.005
9. Patel S. Cereal bran fortified-functional foods for obesity and diabetes management: Triumphs, hurdles and possibilities. *Journal of Functional Foods*. 2015; 14:255–269. doi: 10.1016/j.jff.2015.02.010
10. Menga V, Fares C, Troccoli A, Cattivelli L, Baiano A. Effects of genotype, location and baking on the phenolic content and some antioxidant properties of cereal species. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010; 45(1):7–16. doi: 10.1111/j.1365–2621.2009.02072.x
11. Borodulin DM, Shulbaeva MT, Musina ON, Shepieva BM. Innovative technology of talgan producing as a component of functional food products, taking into account national traditions of nutrition. *Food processing: techniques and technology*. 2017; (3):15–22. (In Russ).
12. Fedina PA, Yashin AY, Chernousova NI. Determination of antioxidants in plant products by amperometric method. *Chemistry of plant raw material*. 2010; (2):91–97. (In Russ).
13. Polonsky VI, Sumina AV, Shaldaeva TM. The content of antioxidants in Siberian grain varieties of oats grown in various conditions. *Bulletin of KSAU*. 2018; (1):18–24. (In Russ).
14. Akimova OI, Akimov DN. The use of statistical methods for processing of experimental data when performing student papers. *Vestnik KhGU*. 2016;(18):76–78. (In Russ).

Об авторах:

Сумина Алена Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры химии и геоэкологии, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 655017, Российская Федерация, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Ленина, д. 90; e-mail: alenasumina@list.ru

Полонский Вадим Игоревич — доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и защиты растений, Красноярский государственный аграрный университет, Российская Федерация, г. Красноярск, ул. Мира, д. 90; e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Шалдаева Татьяна Михайловна — кандидат биологических наук, Сибирский Ботанический сад СО РАН, Российская Федерация, 630116, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, д. 101; e-mail: tanja.shaldaeva@yandex.ru

Шулбаева Маргарита Терентьевна — кандидат технических наук, доцент кафедры технологического

проектирования пищевых производств, Кемеровский государственный университет, Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6; e-mail: sh-m-t@yandex.ru

About authors:

Sumina Alena Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Assistant Professor, Department of Chemistry and Geoecology, Katanov Khakass State University, 90, Lenina st., Abakan, Republic of Khakassia, Russian Federation, 655017; e-mail: alenasumina@list.ru

Polonsky Vadim Igorevich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Botany and Plant Protection, Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira avenue, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660049; e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Shaldaeva Tatyana Mikhailovna — Candidate of Biological Sciences, Siberian Botanical Garden of SB RAS, Russian Federation, 101, Zolotodolinskaya st., Novosibirsk, 630116; e-mail: tanja.shaldaeva@yandex.ru

Shulbaeva Margarita Terentyevna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo State University, 6, Krasnaya st., Kemerovo, Russian Federation, 650000; e-mail: sh-m-t@yandex.ru

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-30-39
UDC 635.6:631.811

Research article / Научная статья

Effect of humic acid and naphthalene acetic acid on vegetative growth and fruit quality of tomato plants *Lycopersicon esculentum*

Ahmad A. Suliman^{1,2*}, Alexandr G. Abramov², Anna A. Shalamova²,
Antar M. Badran^{3,4}

¹National Research Centre, Giza, Egypt

²Kazan State Agrarian University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

³Desert Research Center, Cairo, Egypt

⁴Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: a_elsagheer2006@yahoo.com

Abstract. The study aimed to improve fruit set and plant performance to increase tomato productivity by studying the effect of plant growth regulators on tomato plants (*Lycopersicon esculentum*). A specific experiment has been carried out to study the effect of plant growth regulators Hemo bles (humic acid, 850g/kg) at applied doses (250, 500 and 700 ppm) and Magictone (naphthalene acetic acid and naphthalene acetamide, 5...12.5 g/kg) at applied doses (250, 500 and 700 ppm) on growth and physiological characteristics of tomato plants (Big Beef F1). The experimental design was a Complete Randomized Blocks Design. Both Hemo bles and Magictone were applied three times (spraying on plants at 30 days after planting (DAP), 60 DAP and 90 DAP). The obtained results showed that, applying Ener-850 humic acid caused the highest significant plant height (264.6 cm), number of leaves/plant (45), stem diameter (1.9 cm) and fruit weight (137 g) during the two seasons. In addition, applying Magictone resulted in the highest significant flower number (48.1), fruit number (35.1) and flower clusters number in the plant (13.6). Additionally, humic acid significantly increased dry weight (75.1 g) of arial parts with improving of tomato fruit quality via enhancing the concentrations of ascorbic acid, level of vitamin C and carotenoid content. The results were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's HSD test with $\alpha = 0.05$ with the help of MINITAB (v. 19.0) program.

Key words: tomato, humic acid, naphthalene acetic acid, plant growth regulators, ascorbic acid

Article history:

Received: 18 December 2019. Accepted: 13 January 2020

For citation:

Suliman AA, Abramov AG, Shalamova AA, Badran AM. Effect of humic acid and naphthalene acetic acid on vegetative growth and fruit quality of tomato plants *Lycopersicon esculentum*. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1): 30–39. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-30-39

© Suliman A.A., Abramov A.G., Shalamova A.A., Badran A.M., 2019.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Introduction

Tomato *Solanum lycopersicum* belongs to the family Solanaceae. Tomato is the most important vegetable crop in both open field and greenhouses [1]. In view of the rapid increase in population growth and the increase in consumption of foodstuffs, including the tomato crop, scientific studies have begun on the methods available to increase production, including the study of the influence of growth regulators on agricultural production. Farmers often apply some chemical substances which have similar structure and activity with endogenous plant hormone called exogenous Plant Growth Regulators (PGRs); as a cheap alternative to enhance plant growth and increase productivity. Application of plant growth regulators has been found very effective in improving quantity and quality of many crops [2]. Plant Growth Regulators (PGRs) have wide category of compounds that can enhance, inhibit or change plant morphological or physiological processes at very low concentrations. Thus, the use of PGRs has become an important element of the agrotechnical procedures for most cultivated crops [3]. The most studied PGRs include Abscisic Acid, Indole Acetic Acid, Cytokinin, Gibberellic Acid, Ethylene, Jasmonic Acid and Salicylic Acid [4]. Also, there are new, but chemically unrelated compounds with a similar hormone. Most of these chemical or natural substances, have not been studied for their effect on plants; especially vegetables and fruits that enter directly into the human daily diet such as tomatoes, which occupies the fourth rank in terms of worldwide production with approximately 5 million ha, as a harvested area produced 170.75 million tones according to FAO statistics' database [5].

Tomato is an important condiment in most diets and a very cheap source of vitamins and nutrients that are very good for the human body. It also protects the body against diseases [6]. This is primarily because these vitamins and beta-carotene work as antioxidants to neutralize harmful free radicals in the human blood [7]. In that regard, our research aims at improving plant performance, fruit set and yield of tomatoes by studying the effect of plant growth regulators (synthetic and natural) on tomato plants (*Lycopersicon esculentum*), using different new types (Magictone and Hemo bles as growth regulators) on Big Beef F1 tomato hybrid.

Materials and methods

Two different types of growth regulators were applied three times on tomato plants (Big Beef F1): Magictone active substances (5...12.5 g/kg) naphthalene acetic acid and naphthalene acetamide with applied doses (250, 500 and 700 ppm) $C_{10}H_7CH_2CO_2H$, $C_{12}H_{11}NO$. Hemo bles (250, 500 and 700 ppm): active substances Ener-850 / kg Humic Acid. All applied doses expressed in terms of active substances. Each type was applied three times with three replications (spraying on plants at 30 DAP, 60 DAP and 90 DAP). Soaked seeds were planted on trays, then after 30 DAP, tomato seedlings were transplanted on pots (20-inch diameter). Average day and night temperatures in greenhouses were 25 °C and 18 °C, this conforms within normal temperature ranges established for greenhouse. Collecting data: Ten plants from each replicate (3 replicates) were selected to measure the following parameters: Plant height (cm), Number of Leaves per Plant, Leaf Area Index (LAI) ($m^2/Plant$), Chlorophyll content and Weight of Fruit (g). LAI was measured by (nondestructive method). Biochemical properties were evaluated in the fruit ripening stage to determine; dry matter which was calculated by weighing fruits before being

put in the oven and after dried at 105°C; Ascorbic acid (AA) was determined by the 2,6-dichlorophenolindophenol method [8]. Carotenoids and Nitrate were determined based on standards of the association of analytical communities [9]. Sugar-acid ratio (Maturity index) was calculated by dividing total soluble solid by the titratable acidity of the given sample under analysis as described by [10]. The results were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey’s HSD test with $\alpha = 0.05$ with the help of Co-stat program.

Results and discussion

Plant height (cm) of tomato plant was found to be significantly affected by spraying treatments with Hemo bles and Magictone in Fig.1. Results showed that spraying plants with Hemo bles 500 ppm showed the highest value of plant height at 30 and 60 days after transplanting (DAT), 700 ppm level showed the highest value of plant height at 90 days after transplanting, respectively, in the first season. In the second season, Spraying Hemo bles plants at 500 registered the highest value of plant height (85.8, 130.5 and 264.67 at 30, 60 and 90 days after transplanting (Fig. 1). Our results agree with [11], who reported that Humic Acid (Hemo bles) increased absorption of nutrients by plants and improved the permeability of membranes of root cells to tomato cultures. Also, [12–13] proved that Humic Acid had a positive effect on seed germination, seedling growth, root initiation, root growth, shoot development and the uptake of nutrient elements.

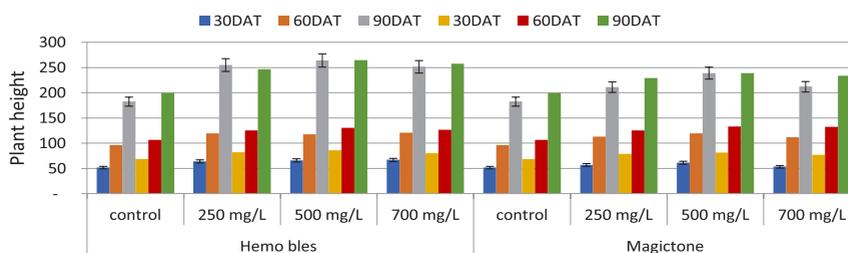


Fig. 1. Effect of growth regulators on plant height of tomato plants during the two seasons

Number of leaves: Number of leaves produced by tomato plants was found to be significantly affected by spraying treatments with Hemo bles and Magictone (Fig. 2). Results showed that spraying with Humic Acid (Hemo bles) 700 ppm recorded the highest value of number of leaves (16.67, 34.00 and 19.00, 37.33) at 30 and 60 days after transplanting during the two growing seasons. Spraying with 500 ppm recorded the highest value of Number of leaves (45.60 and 45.00) at 90 days after transplanting during the two growing seasons. On the other hand, untreated control recorded the lowest value of number of leaves during the two growing seasons. Our results are consistent with those obtained by [14], who demonstrated that the number of leaves in tomatoes increased with the use of plant growth regulators. This may be attributed to the fact that plant growth regulators improved cellular nutrition and division with a significant elongation of the stem. The results also corroborate with the results of [15] who reported that the varieties affected the nature of the growth processes.

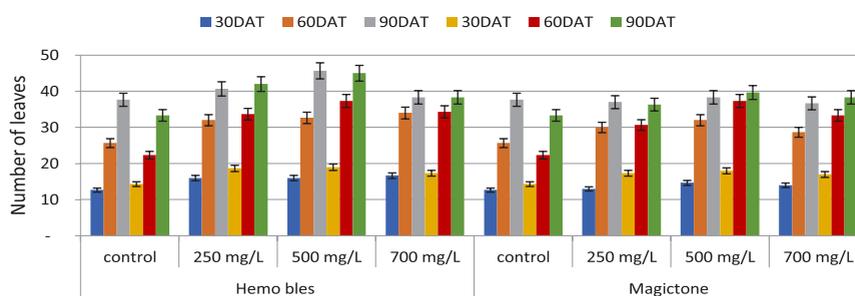


Fig. 2. Effect of growth regulators on leaf number of tomato plants during the two seasons

Stem diameter: The stem diameter of tomato plant was found to be significantly affected by spraying treatments with Hemo bles and Magictone (Fig. 3). Results showed that no significant differences were found between Humic Acid (Hemo bles) 700 ppm value of stem diameter (1.10 and 2.13 cm) in the first season at 30 and 90 days after transplanting, but the planting sprayed with Humic Acid (Hemo bles) 500 ppm displayed the highest value of stem diameter (1.37 cm) in the first season at 60 days after transplanting followed by 500 ppm level displayed the highest value of stem diameter (1.17, 1.57 and 1.90 cm) at 30, 60 and 90 days after transplanting in the second season. On the other hand, untreated control recorded the lowest value of stem diameter during the two growing seasons. Similar results were obtained by [16–17].

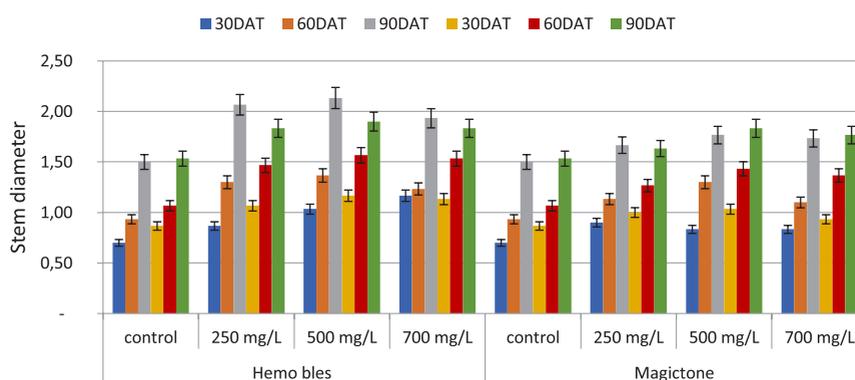


Fig. 3. Effect of growth regulators on stem diameter of tomato plants during the two seasons

Number of clusters produced by tomato plant was found to be significantly affected by spraying Hemo bles and Magictone treatments (Fig.4). Results showed that plants sprayed with 500 ppm produced the highest value of number of clusters (4.33) (12.67) at 30 and 90 days, following 700 ppm produced the highest value (10.60) at 60 after transplanting in the first season. 500 ppm treatment produced the highest value of number of clusters (4.67, 12.33 and 15.60) at 30, 60 and 90 days after transplanting in the second season. On the other hand, untreated control registered the lowest value during the two growing seasons.

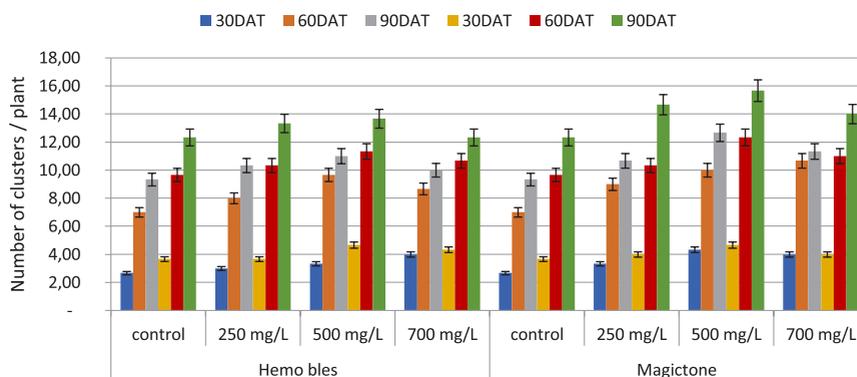


Fig. 4. Effect of growth regulators on Number of clusters of tomato plants during the two seasons

Leaf Area Index (LAI): Data obtained in Fig. 5 explain changes in leaf area measurements as a response of the application of different growth regulators to tomato plants at various times. At 90 DAP, applying Hemo bles and Magictone increased LAI comparing to the control, except (Hemo — 500) which was significant. The maximum area (200.87, 207.20 cm²) was obtained from Hemo — 500, while the minimum (156.80, 179.13 cm²) was in control during the two growing seasons. Obtained results are in agreement with those obtained by [16–17].



Fig. 5. Effect of growth regulators on leaf area index of tomato plants during the two seasons

Number of fruits: Fruits produced by tomato plant were found to be significantly affected by Hemo bles and Magictone treatments (Fig. 6). The maximum number of fruits (5, 48 and 62.00) (6.50, 43.89 and 64.60) were recorded from (Magictone — 500), while the minimum number of fruits per plant (1.60, 31.00 and 45) (3.6, 32.32 and 44) was recorded in control during two seasons. It might be due to that naphthalene acetic acid enhanced fruit setting in tomato plants. In respect of fruit set per plant in Kendras F1 it was found in agreement with the conclusions of [18].

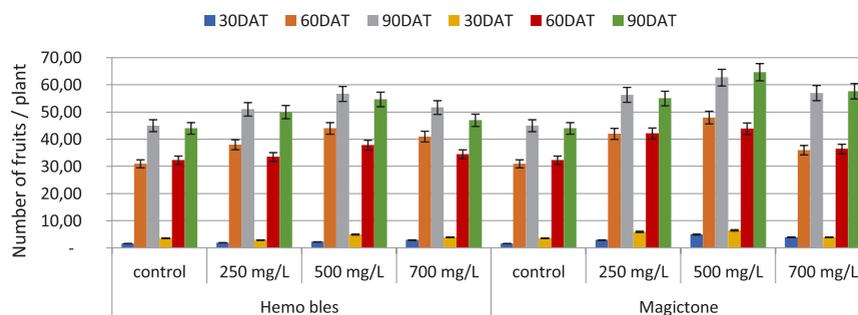


Fig. 6. Effect of growth regulators on Number of fruits of tomato plants during the two seasons

Chemical composition: Results of the chemical composition of tomato fruits affected by different doses of studied growth regulators are shown in Table 1 and 2. Dry matter ranges between 6.13, 6.1 g/100 g in control's samples and 7.77, 7.67 g/100 g in the fruits which treated by Humic Acid (Hemo — 700). Applying Humic Acid enhanced dry matter contents (7.20...7.77 g/100 g) comparing to Magictone (6.30...6.60 g/100 g). TSS was significantly decreased by using spraying levels as compared with control fruits. Control treatment displayed the highest TSS (5.90 °Brix) at 90 days after transplanting followed by Hemo-500 ppm (5.70 °Brix) in the first season. The plants sprayed with Hemo-500 ppm recorded the highest TSS (6.0 °Brix) at 90 days after transplanting followed by 0 ppm (5.96 °Brix) treatment in the second season. Dry matter ranges between 6.13, 6.10 g/100 g in control's samples and 7.77, 7.67 g/100 g in the fruits which treated by Humic Acid (Hemo — 700). Applying Humic Acid enhanced dry matter contents (7.20...7.77 g/100 g) comparing to Magictone (6.30...6.60 g/100 g). Dry matter ranges between 6.13, 6.10 g/100 g in control's samples and 7.77, 7.67 g/100 g in the fruits which treated by Humic Acid (Hemo — 700). Applying Humic Acid enhanced dry matter contents (7.2...7.77 g/100 g) comparing to Magictone (6.30...6.60 g/100 g).

Table 1

Effect of Hemo bles And Magictone on chemical characters of Big Beef tomato cultivar (2017)

Treatments	Dry matter, g 100g ⁻¹	TSS (Brix)	Vitamin C, mg/100g	Carotenoids, mg 100 g ⁻¹	Ascorbic acid, mg 100g ⁻¹	Chlorophyll SPAD
Control	6.13 d	5.93 a	18.28 c	3.05 c	19.73 d	70.87 d
Hemo-250 ppm	7.27 b	5.60 ab	19.23 ab	4.71 a	25.20 bc	74.18 b
Hemo-500 ppm	7.63 a	5.70 a	19.83 a	4.86 a	26.90 b	76.48 ab
Hemo-700 ppm	7.77 a	5.60 ab	19.95 a	4.92 a	27.57 a	78.86 a
Magi-250 ppm	6.33 c	5.33 c	18.49 bc	4.12 b	22.70 c	72.27 c
Magi-500 ppm	6.60 bc	5.57 b	19.10 b	4.20 b	22.77 c	75.75 b
Magi-700 ppm	6.37 c	5.63 ab	19.15 b	4.45 ab	22.00 cd	75.70 b

Means within the same column that do not share a letter(s) are significantly different at P ≤ 0.05

Table 2

**Effect of Hemo bles And Magictone on chemical characters
of Big Beef tomato cultivar (2018)**

Treatments	Dry matter, g 100g ⁻¹	TSS (°Brix)	Vitamin C, mg/100g	Caroten- Oids, mg 100 g ⁻¹	Ascorbic acid, mg 100g ⁻¹	Chlorophyll SPAD
Control	6.10 d	5.96 a	18.33 c	3.95 d	20.27 d	73.22 c
Hemo-250 ppm	6.97 b	5.63 c	18.48 bc	4.7 b	25.20 b	68.61 d
Hemo-500 ppm	7.67 a	6.00 a	19.53 a	4.82 a	26.43 a	75.32 bc
Hemo-700 ppm	7.23 ab	5.90 a	18.84 b	4.92 a	26.43 a	73.37 c
Magi-250 ppm	6.67 c	5.40 cd	18.35 c	4.14 c	22.57 bc	75.93 b
Magi-500 ppm	7.00 b	5.93 a	19.54 a	4.23 c	23.93 c	78.81a
Magi-700 ppm	6.97 b	5.83 b	19.07 b	4.25 c	22.87 c	78.04 a

Means within the same column that do not share a letter(s) are significantly different at P ≤0.05.

Our results agree with [11], who reported that Humic Acid enhanced mineral nutrients absorption by plants and increased the permeability of membranes of root cells to tomato plants. Also, shoots and root weights were increased by 22% as a result of using Humic Acid in tomato plants [19]. TSS was significantly decreased by using spraying levels as compared with control fruits. Control treatment displayed the highest TSS (5.9 °Brix) at 90 days after transplanting followed by Hemo-500 ppm (5.7 °Brix) in the first season. The plants sprayed with Hemo-500 ppm recorded the highest TSS (6.0 °Brix) at 90 days after transplanting followed by control treatment (5.96 °Brix) in the second season. The obtained results are in agreement with those obtained by [20–22]. Also, [23] observed that the values commonly obtained for soluble solids of different cultivars of tomato fruit range from 4 to 6 °Brix. Moreover, [24] noticed that the main soluble sugars in tomato fruit were glucose and fructose which made up 47% of the fruit dry matter. Hemo — 700 gave the highest increased contents of Vitamin C (Ascorbic acid) and Carotene in tomato fruits in the first season. In the second season, Magi — 500 gave the highest increased contents of Vitamin C (Ascorbic acid) in tomato fruits from. Comparing to Hemo-700, the highest levels of Ascorbic Acid (27.57 mg 100g⁻¹) and Chlorophyll (78.86) in the first season were observed when Magi — 500 was applied, while the samples treated by Magictone gave the increased contents of Chlorophyll in tomato fruits in the second season.

Conclusion

Thus, it can be noted that the studied growth regulators had a positive effect on the growth processes of Big Beef tomato plants: morphometric parameters of plants and influenced the formation of generative organs of the plant. The best indices for tomato yield were observed after treating plants with growth regulators — Magictone. Therefore, we recommend using the compound to increase the yield at an acceptable economic rate.

References

1. Kaloo. *Tomato: Lycopersicon esculentum Miller*. New Delhi: Allied publishers private. ltd; 1986.
2. Singh SK, Nidhika T, Yamini S. Plant growth regulators in fruit and vegetable crops. *International Journal of Agricultural Sciences*. 2013; 9(1):433–437.
3. Kader AA. Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008; 88(11):1863–1868. doi: 10.1002/jsfa.3293
4. Santner A, Calderon-Villalobos L, Estelle M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nat Chem Biol*. 2009; 5:301–307. doi: 10.1038/nchembio.165
5. FAO 2017. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC14/07/2017>.
6. Taylor IB. Biosystematics of the tomato. In: Atherton JG, Rudich J. (eds.) *The tomato crop: A scientific basis for improvement*. New York: Chapman and Hill; 1986. p. 1–34.
7. Bhowmik D, Kumar KS, Paswan S, Srivastava S. Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2012; 1(1): 33–43.
8. AOAC. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15th ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists; 1990.
9. AOAC. *Official methods of analysis of AOAC International*. 18th ed. Gaithersburg: AOAC International; 2006.
10. Mohammed M, Wilson LA, Gomes PL. Postharvest sensory and physiochemical attributes of processing and non-processing tomato cultivars. *J Food Qual*. 1999; 22(2):167–182. doi: 10.1111/j.1745–4557.1999.tb00549.x
11. Valdrighi MM, Pera A, Agnolucci M, Frassinetti S, Lunardi D, Vallini G. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agric Eco and Envir*. 1996; 58(2–3):133–144. doi: 10.1016/0167–8809(96)01031–6
12. Chen Y, Aviad T. Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR. (eds.) *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. Madison, USA: Soil Science Society of America; 1990. p. 161–186. doi: 10.2136/1990.humicsubstances.c7
13. Varanini Z, Pinton R. Humic substances and plant nutrition. In: Behnke HD, Lüttge U, Esser K, Kadereit JW, Runge M. (eds.) *Progress in Botany. Vol. 56*. Berlin: Springer; 1995. p. 97–117. doi: 10.1007/978–3–642–79249–6_5
14. Gabal GM, Oben G, Gardella R. Effect of GA on morph physiological characters and yield of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1999; 160(2):91–101.
15. Ibrahim K, Amans A, Abubakar IU. Growth indices and yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* karest) varieties as influenced by crop spacing at samaru. In: *Proceedings of the 18th HORTSON Conference, IAR/ABU Zaria, May 28–June 1, 2000*. Zaria: Ahmadu Bello University; 2000. p. 40–47.
16. Gupta PK, Gupta AK. Efficacy of plant growth regulators (IAA and NAA) and micronutrient mixtures on growth, flowering, fruiting and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). *Bioved*. 2000; 11(1–2):25–29.
17. Rahul S, Sant AK, Lal S. Effect of plant growth regulators and micro-nutrient mixtures on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Bioved*. 2005; 16:101–105.
18. Akhtar N, Bhuiyan AH, Quadir A, Mondal F. Effect of NAA on the yield and quality of summer tomato. *Annals of Bangladesh Agriculture*. 1996; 6(1):67–70.
19. Yildirim E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B— Soil & Plant Science*. 2007; 57(2):182–186. doi: 10.1080/09064710600813107
20. Adam SM, Abdalla AM, Abou-Hadid AF. Effect of shading on the growth and productivity of some tomato cultivars in the summer season. *Egyptian Journal of Horticulture*. 2002; 29(2):271–280.
21. El-Aidy F, Moustfa S and El-Afry, M. Influence of shad on growth and yield of tomatoes cultivated during the summer season in Egypt. *Tanta University Journal of Agricultural Research (Egypt)*. 1983; 9(1):123–128.
22. El-Gizawy AM, Abdallah MMF, Gomaa HM, Mohamed SS. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. *Acta Hort*. 1993; 323:349–354. doi: 10.17660/ActaHortic.1993.323.32
23. Cramer M, Oberholzer J, Combrink N. The effect of supplementation of root zone dissolved inorganic carbon on fruit yield and quality of tomatoes (cv ‘Daniella’) grown with salinity. *Scientia Horticulturae*. 2001; 89(4):269–289. doi: 10.1016/S0304–4238(00)00243–0
24. Suarez MH, Rodriguez EMR, Romero CD. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry*, 2008; 106(3):1046–1056. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.07.025

About authors:

Suliman Ahmad Ali — PhD student, National Research Centre, 33 El Behouth St., Dokki, Giza, Egypt, 12622; Kazan State Agrarian University, 65, K. Marks st., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420015; e-mail: a_elsagheer2006@yahoo.com

Abramov Alexandr Gennadevich — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of plant and vegetable production, Kazan State Agrarian University, 65, K. Marx st., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420015; e-mail: gal4959@yandex.ru.

Shalamova Anna Alekseevna — Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, Department of plant and vegetable production, Kazan State Agrarian University, 65, K. Marx st., Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420015; e-mail: a6685025a@yandex.ru.

Badran Antar Mahmoud — PhD student, Agroengineering Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation, 117198; Desert Research Center, 1 Mathaf El-Mataria st., Matariya, Cairo, Egypt, 11753; e-mail: dr_antar_mahmoud@yahoo.com

Влияние гуминовой и нафталинуксусной кислоты на вегетативный рост и качество плодов томатов *Lycopersicon esculentum*

А.А. Сулиман^{1,2*}, А.Г. Абрамов², А.А. Шаламова², А.М. Бадран^{3,4}

¹Национальный исследовательский центр, г. Гиза, Египет

²Казанский государственный аграрный университет,
г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

³Центр по исследованию пустынь, г. Каир, Египет

⁴Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

*a_elsagheer2006@yahoo.com

Аннотация. С целью повышения продуктивности исследовали влияние регуляторов роста на растения томата *Lycopersicon esculentum*. Изучено влияние регуляторов роста Nemo bles (с содержанием гуминовой кислоты 850 г/кг) в концентрации 250, 500 и 700 ppm и Magictone (с содержанием нафталинуксусной кислоты и нафталин ацетамида 5...12,5 г/кг) в концентрации 250, 500 и 700 ppm на рост и физиологические параметры растений томата сорта Биг Биф F1. Опрыскивание растений регуляторами роста Nemo bles и Magictone проводили три раза (через 30, 60 и 90 дней после посадки). Полученные результаты показали, что применение препарата Енер-850 с гуминовой кислотой в течение двух сезонов оказало наилучшее влияние на показатели роста растений: высоту побегов (264,6 см), количество листьев на 1 растении (45 шт.), диаметр стебля (1,9 см), массу плодов (137 г). Использование препарата Magictone способствовало образованию большого числа цветков (48,1), плодов (35,1) и соцветий (13,6) на одном растении. Гуминовая кислота также оказывала положительное влияние на качество плодов томата, увеличивая долю сухих веществ (75,1 г) надземной массы растений, в результате чего возрастало количество аскорбиновой кислоты, витамина С и каротиноидов (4,82 мг/100 г). Результаты были проанализированы с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим HSD-тестом Тьюки с $\alpha = 0,05$ с помощью программы MINITAB (v. 19.0).

Ключевые слова: томат, гуминовая кислота, нафталинуксусная кислота, регуляторы роста растений, аскорбиновая кислота

История статьи:

Поступила в редакцию: 18 декабря 2019 г. Принята к публикации: 13 января 2020 г.

Для цитирования:

Suliman A.A., Abramov A.G., Shalamova A.A., Badran A.M. Effect of humic acid and naphthalene acetic acid on vegetative growth and fruit quality of tomato plants *Lycopersicon esculentum* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С. 30—39. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-30-39

Об авторах:

Сулиман Ахмад Али — аспирант кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, Казанский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65; Национальный исследовательский центр, Египет, 12622, г. Гиза, Докки, ул. Эль-Бехут, д. 33; e-mail: a_elsagheer2006@yahoo.com

Абрамов Александр Геннадьевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, Казанский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65; e-mail: gal4959@yandex.ru

Шаламова Анна Алексеевна — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник кафедры растениеводства и плодовоовощеводства, Казанский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65; e-mail: a6685025a@yandex.ru

Бадран Антар Махмуд — аспирант агроинженерного департамента, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; Центр по исследованию пустынь, Египет, 11753, г. Каир, Матария, ул. Матаф эль-Матария, д. 1; e-mail: dr_antar_mahmoud@yahoo.com

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-40-50
УДК 633.877.3(574)

Научная статья / Research article

Результаты опытных работ по адаптации зарубежных технологий интенсивного выращивания посадочного материала сосны обыкновенной в Казахстане

С.А. Кабанова¹, В.А. Борцов¹, М.А. Данченко²¹Казахский научно-исследовательский университет лесного хозяйства
и агролесомелиорации, Щучинск, Казахстан²Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация
*Kabanova.05@mail.ru

Аннотация. Цель исследований — адаптация в Казахстане технологий интенсивного и ускоренного выращивания посадочного материала сосны обыкновенной, разработанных в ближнем зарубежье. Объекты исследований — однолетние сеянцы сосны обыкновенной в лесных питомниках Павлодарской, Акмолинской, Северо-Казахстанской областях. Опыты были заложены по 4 направлениям: внесение сухих ростовых веществ в почву, предпосевная обработка семян в стимуляторах, замачивание семян в стимуляторах и фунгициде, предпосевной полив почвы регуляторами роста. Установлено, что качество семян значительно снизилось по сравнению с прошлым годом, только семена из Павлодарской области имели высокие показатели. Наибольшими средними показателями грунтовой всхожести отличались семена в питомнике ГЛПР «Ертіс орманы» (58,7...67,8%). В КГУ «УЛХ «Букпа» наибольший указанный показатель имели семена в опыте с замачиванием их в Цирконе+Трихоцин (3+2 часа). В питомнике Арыкбалыкского филиала ГНПП «Кокшетау» применение Байкала в качестве стимулятора и полив почвы ЭридГроу позволили несколько повысить всхожесть. В лесном питомнике ГЛПР «Ертіс орманы» лучшие результаты по высоте однолетних сеянцев получены в опытах с предпосевной обработкой семян сосны обыкновенной стимуляторами и поливом почвы ростовыми веществами. Средняя высота сеянцев на опытах составила соответственно 4,32 и 4,64 см. Применение Циркона совместно с Трихоцином позволило увеличить рост сеянцев в питомнике КГУ «УЛХ «Букпа» до 1,42 см, что являлось наибольшим значением. Выявлено, что применяемые в ближнем зарубежье технологии интенсивного выращивания сеянцев сосны обыкновенной по совокупности исследуемых признаков показали положительное влияние только при использовании Цитовита. По другим опытам определено, что лучшие показатели роста по высоте имели сеянцы сосны обыкновенной, выращенные из семян с предпосевной обработкой в Гумате+7 в течение 12 часов, причем хорошие результаты имело как применение только стимулятора, так и совместно с фунгицидом Трихоцин. Значительно ускоряет рост сеянцев сосны обыкновенной повышение плодородия почвы путем внесения азотных, фосфорных удобрений, активатора почвы ЭридГроу и KZ Культуры.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, посадочный материал, стимуляторы, ростовые вещества, всхожесть семян

История статьи:

Поступила в редакцию: 9 января 2020 г. Принята к публикации: 24 января 2020 г.

© Кабанова С.А., Борцов В.А., Данченко М.А., 2020.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Для цитирования:

Кабанова С.А., Борцов В.А., Данченко М.А. Результаты опытных работ по адаптации зарубежных технологий интенсивного выращивания посадочного материала сосны обыкновенной в Казахстане // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С. 40–50. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-40-50

Adaptation of foreign technologies of intensive cultivation of scots pine planting material in Kazakhstan

Svetlana A. Kabanova¹, Valery A. Bortsov¹, Matvey A. Danchenko²

¹Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, *Schuchinsk, Kazakhstan*

²Tomsk State University, *Tomsk, Russian Federation*

*Correspondent author: kabanova.05@mail.ru

Abstract. The purpose of the research was the adaptation of foreign technologies for intensive and accelerated cultivation of Scots pine planting material in Kazakhstan. Objects of research were annual seedlings of scots pine in forest nurseries of Pavlodar, Akmola, and North Kazakhstan regions. The experiments were established in 4 directions: application of dry growth regulators to soil, pre-sowing seed treatment with growth regulators, soaking seeds in stimulants and fungicide, pre-sowing watering of the soil with growth regulators. It was established that seed quality decreased significantly compared to the last year, only seeds from Pavlodar region had high indicators. Seeds from the nursery 'Ertic Ormany' had the highest average indicators of soil germination (58.7...67.8%). In 'Bukhpa', the highest germination was observed in seeds soaked with Zircon + Trichocin (3 + 2 hours). Baikal growth regulator and AridGrow slightly increased germination in the nursery of Arykbalyk branch of 'Kokshetau'. In the forest nursery 'Ertis Ormany', the highest annual seedlings were obtained in variants with presowing treatment of scots pine seeds with stimulants and watering the soil with growth substances. The average height of experimental seedlings was 4.32 and 4.64 cm, respectively. The combined use of Zircon and Trichocin increased seedling growth in 'Bukpa' nursery to 1.42 cm, which was the highest value. It was revealed that the technologies used in neighboring countries for intensive cultivation of scots pine seedlings showed a positive effect only when using Citovit. According to other experiments, it was determined that seedlings of scots pine grown from seeds with pre-sowing treatment in Gumat+7 for 12 hours had the best growth indicators in height. Increased soil fertility through applying nitrogen, phosphorus fertilizers, soil activator AridGrow and KZ Cultury significantly accelerated growth of scots pine seedlings.

Key words: scots pine, planting material, stimulants, growth regulators, seed germination

Article history:

Received: 9 January 2020. Accepted: 24 January 2020

For citation:

Kabanova SA, Bortsov VA, Danchenko MA. Adaptation of foreign technologies of intensive cultivation of scots pine planting material in Kazakhstan. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):40–50. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-40-50

Введение

Большое влияние на рост сеянцев древесных пород имеет качество семян, из которых их выращивают. После неправильной сушки шишек, переработки и хранения семян значительно снижается их всхожесть. Повысить всхожесть семян можно проведением предпосевной обработки (стратификация, снегование, замачивание

и др.). Разработаны нетрадиционные способы ускорения прорастания семян и роста сеянцев — воздействие низкочастотного электромагнитного поля [1], применение нанокристаллического порошка железа [2] и др. В настоящее время широко распространена предпосевная обработка с применением различных регуляторов роста [1–8]. Во всех научных статьях, посвященных этой теме, подтверждаются выводы о целесообразности использования стимуляторов для повышения всхожести семян и роста сеянцев древесных пород. Аналогичные исследования проводятся и в странах дальнего зарубежья на семенах различных пород [9, 10]. Выявлено, что предпосевная стимуляция семян влияет также и на увеличение высоты сеянцев.

Согласно разрабатываемой теме по апробации зарубежного опыта выращивания посадочного материала, КазНИИЛХА использовал предложения, научные разработки и технологии, находящиеся в общем доступе.

Цель исследований — адаптация в условиях Казахстана разработанных в ближнем зарубежье технологий интенсивного и ускоренного выращивания посадочного материала сосны обыкновенной.

Материалы и методы

Для адаптации технологий было проведено предпосевное замачивание семян в стимуляторах Байкал [11], Циркон [12] и Гумат+7 микроэлементов. Перед посевом семян на всей площади опытов произвели полив почвы Цитовитом [13]. В течение вегетационного периода всходы и однолетние сеянцы опрыскивали Цирконом [12]. Кроме того, в почву были внесены различные ростовые вещества: Фертика (бывшее название — Кемира-универсал) [14], карбамид (азотное удобрение), суперфосфат (фосфорное удобрение), борная кислота; полив почвы перед посевом семян производили ростовым веществом на основе ила сточных вод «KZ Культуры» казахстанского производства, активатором почвы ЭридГроу, Трихоцином, Цитовитом.

Объектами исследований выбраны однолетние сеянцы сосны обыкновенной в лесных питомниках Павлодарской (ГЛПР «Ертіс орманы»), Акмолинской (КГУ «УЛХ «Букпа»), Северо-Казахстанской областях (Арыкбалыкский филиал (АФ) ГНПП «Кокшетау»). Почвы в питомнике ГЛПР «Ертіс орманы» — песчаные, в других питомниках — черноземные. Климат во всех регионах исследований резко-континентальный.

Опыты закладывались по 4 направлениям:

- 1) внесение ростовых веществ в почву, посев семян с предпосевной обработкой Цирконом (6 ч) + Трихоцин (2 ч);
- 2) предпосевная обработка семян стимуляторами различное время в разных концентрациях, посев семян;
- 3) предпосевное замачивание семян в стимуляторах и фунгициде Трихоцин, посев семян;
- 4) полив почвы ростовыми веществами перед посевом семян и посев семян с предпосевной обработкой Цирконом (6 ч) + Трихоцин (2 ч).

Согласно адаптируемым технологиям, на всех участках проводились предпосевная полив почвы Цитовитом и одноразовая внекорневая подкормка однолетних сеянцев Цирконом. Каждый вариант опыта выполнялся в 2-кратной повторности. Посев семян осуществлялся по схемам, применяемым в учреждениях лесного

хозяйства. Грунтовая всхожесть определялась путем подсчета всходов в момент массового их появления. Высота измерялась у 50 растений на каждом варианте опыта линейкой с точностью до 1 мм.

Результаты исследований

Изучено качество высеваемых семян сосны обыкновенной, динамика данного показателя приведена в табл. 1. Наиболее стабильным качеством отличались семена из Павлодарской области — за последние 2 года наблюдений основные показатели значительно не изменялись. В 2019 г. ухудшилось качество семян практически во всех питомниках, кроме ГЛПР «Ертіс орманы». Возможно, на это повлияли погодные условия первого года роста шишек и развития семян — 2018—2019 гг.

Таблица 1

Динамика качества семян сосны обыкновенной по регионам исследований

Показатели качества семян	Местонахождение питомника							
	Павлодарская область, ГЛПР «Ертіс орманы»			Северо-Казахстанская область, Арыкбалыкский филиал ГНПП «Кокшетау»			Акмолинская область, КГУ «УЛХ «Букпа»	
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2018	2019
Масса 1000 шт., г	8,6	10,1	10,7	6,2	7,8	6,6	6,6	5,96
Чистота,%	98,6	98,0	98,8	99,5	99,2	98,5	98,0	97,1
Всхожесть,%	42,0	72,0	77	35,0	56,0	64	72	67
Энергия прорастания,%	24,0	70,0	73	33,0	56,0	61	34	65

Table 1

Dynamics of the quality of *Pinus sylvestris* seeds in research regions

Indicators of seed quality	Nursery location							
	Pavlodar region, 'Ertis ormany'			North Kazakhstan region, Arykbalyk branch of 'Kokshetau'			Akmola region, 'Bukpa'	
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2018	2019
1000 seed weight, g	8.6	10.1	10.7	6.2	7.8	6.6	6.6	5.96
Purity,%	98.6	98.0	98.8	99.5	99.2	98.5	98.0	97.1
Germination capacity,%	42.0	72.0	77	35.0	56.0	64	72	67
Emergence rate,%	24.0	70.0	73	33.0	56.0	61	34	65

Наибольшими средними показателями грунтовой всхожести по вариантам опытов отличались семена в питомнике ГЛПР «Ертіс орманы» (58,7...67,8%) (рис. 1). Следует отметить, что предпосевное замачивание семян в стимуляторах положительно сказалось на грунтовой всхожести семян и встречаемости сеянцев на единице площади, особенно при замачивании семян в Гумате+7 в течение 12 часов. Причем, встречаемость в опыте с использованием только стимуляторов составила 85,1

шт./пог. м, с замачиванием семян в стимуляторах совместно с Трихоцином — 76,2 шт./пог. м, тогда как в других опытах данный показатель изменялся от 58,8 до 68,5 шт./пог. м. Из указанных значений видно, что полученное число сеянцев на 1 пог. м позволит получить достаточное количество посадочного материала с единицы площади. В КГУ «УЛХ «Букпа» посадочный материал выращивался без полива, после посева была жаркая сухая погода, что повлияло на число проросших семян. Кроме того, семена сосны обыкновенной были низкого качества. Наибольший указанный показатель имели семена в опыте с замачиванием их в Цирконе (3 ч) и Трихоцине (2 ч). Почвенные условия в питомнике Арыкбалыкского филиала ГНПП «Кокшетау» неблагоприятны для успешного выращивания сеянцев, поэтому в данном питомнике наблюдались самые низкие значения всех показателей посадочного материала, в том числе грунтовой всхожести. Применение Байкала в качестве стимулятора и полив почвы ЭридГроу позволил несколько повысить всхожесть.

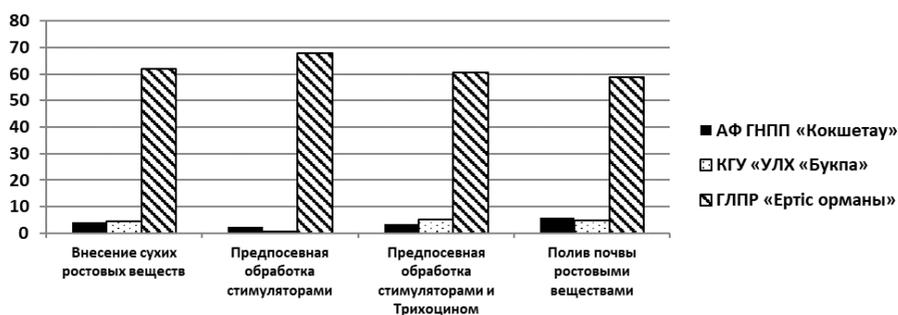


Рис. 1. Грунтовая всхожесть,%, семян сосны обыкновенной по опытам

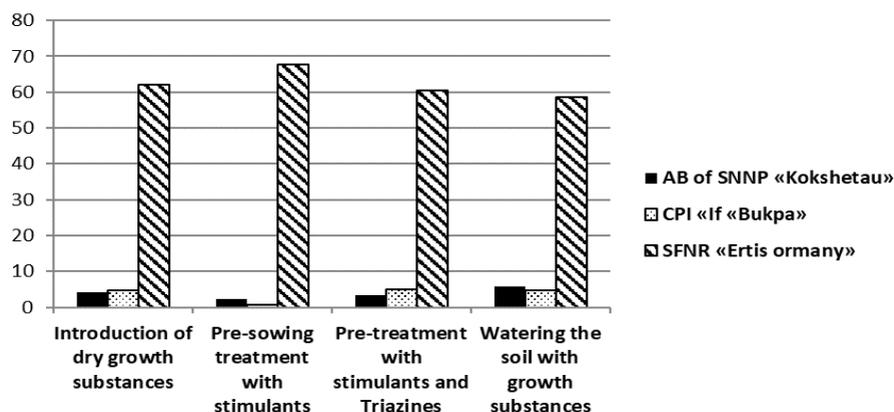


Fig. 1. Ground germination capacity, % of *Pinus sylvestris* seeds

В лесном питомнике ГЛПР «Ертіс орманы» лучшими результатами по высоте однолетних сеянцев отличался опыт с предпосевной обработкой семян сосны обыкновенной стимуляторами и с поливом почвы ростовыми веществами (табл. 2). Средняя высота сеянцев на опытах составила соответственно 4,32 и 4,64 см. Опыт с применением ростовых сухих веществ показал наименьшие результаты по высоте сеянцев — 3,82 см.

Таблица 2

**Средняя высота однолетних сеянцев сосны обыкновенной
в зависимости от предпосевной технологии обработки семян**

Вещества	Доза внесения	Средняя высота, см		
		АФ ГНПП «Кокшетау»	КГУ «УЛХ «Букпа»	ГЛПР «Ертіс орманы»
Опыт 1. Внесение ростовых веществ, предпосевной полив почвы Цитовитом, посев семян с предпосевной обработкой Цирконом (6 ч) + Трихоцин (2 ч)				
Борная кислота	0,2 г/1 л (м ²)	1,24±0,07	1,29±0,04	3,13±0,12
Карбамид+суперфосфат	3 г+2 г/м ²	1,12±0,07	1,70±0,19	3,74±0,11
Карбамид+суперфосфат+ ЭридГроу	3г+2г/м ² +100 мл/10л	1,14±0,08	0,90±0,11	3,63±0,14
KZ Культуры	100 мл/10 л	1,08±0,07	1,25±0,06	4,24±0,14
Фертика	50...70 г/м ²	1,05±0,08	1,21±0,10	4,35±0,14
Опыт 2. Проведение предпосевной обработки семян стимуляторами, посев семян. Предпосевной полив почвы Цитовитом				
Байкал (1,5 ч)	2 мл/2 л	1,44±0,12	–	4,02±0,13
Циркон (3 ч)	0,5 мл/2 л	1,26±0,12	1,25±0,05	4,09±0,16
Циркон (6 ч)	0,5 мл/2 л	1,15±0,08	–	4,16±0,21
Гумат+7 (12 ч)	1,5 г/1 л	1,04±0,06	–	4,68±0,18
Гумат+7 (12 ч)	0,5 г/1 л	1,28±0,11	–	4,63±0,17
Контроль		0,82±0,08	–	4,14±0,13
Опыт 3. Проведение предпосевной обработки семян Цирконом и Трихоцином (6 + 2 ч), посев семян. Предпосевной полив почвы Цитовитом				
Байкал+Трихоцин (1,5+2 ч)	2 мл/2 л	1,23±0,11	–	4,25±0,15
Циркон+Трихоцин (3+2 ч)	0,5 мл/2 л	1,16±0,10	1,42±0,03	3,8±0,11
Циркон+Трихоцин (6+2 ч)	0,5 мл/2 л	1,31±0,10	–	3,84±0,11
Гумат+7+Трихоцин (12+2 ч)	0,5 г/1 л	1,37±0,11	–	3,99±0,13
Гумат+7+Трихоцин (12+2 ч)	1,5 г/1 л	1,38±0,09	–	4,37±0,11
Контроль+Трихоцин	0,6 г/1 л	1,21±0,07	1,18±0,04	4,34±0,14
Контроль		1,19±0,06	1,41±0,05	4,02±0,15
Опыт 4. Полив почвы ростовыми веществами, предпосевной полив Цитовитом, посев семян, обработанных стимулятором Циркон+Трихоцин (6 + 2 ч)				
KZ Культуры	100 мл/10 л	1,31±0,05	1,24±0,04	4,49±0,16
ЭридГроу	50 мл/10 л	1,28±0,06	1,03±0,04	4,48±0,13
Цитовит	1,5 мл/1,5 л	1,32±0,08	–	4,75±0,17
Трихоцин	1,2 г/2 л/2 м ²	1,35±0,06	1,09±0,04	3,9±0,11
Контроль		1,31±0,08	1,32±0,03	4,86±0,18

Table 2

The average height of *Pinus sylvestris* annual seedlings

Agent	Application dose	Average height, cm		
		Arykbalyk branch of 'Kokshetau'	'Bukpa'	'Ertis ormany'
Experiment 1. Application of growth regulators. Pre-sowing soil irrigation with Tsitovit. Pre-sowing seed treatment with Zircon (6 h) + Trichocin (2 h)				
Boric acid	0.2 g/1 l(m ²)	1.24±0.07	1.29±0.04	3.13±0.12
Carbamide+superphosphate	3 g+2 g/m ²	1.12±0.07	1.70±0.19	3.74±0.11
Carbamide+Superphosphate + AridGrow	3 g+2 g/m ² + 100 ml/10 l	1.14±0.08	0.90±0.11	3.63±0.14
KZ Cultury	100ml/10 l	1.08±0.07	1.25±0.06	4.24±0.14
Fertika	50...70 g/m ²	1.05±0.08	1.21±0.10	4.35±0.14
Experiment 2. Pre-sowing treatment of seeds with growth regulators, seed sowing. Pre-sowing soil irrigation with Tsitovit				
Baikal (1.5 hours)	2 ml/2 l	1.44±0.12	–	4.02±0.13
Zircon (3 hours)	0.5 ml/2 l	1.26±0.12	1.25±0.05	4.09±0.16
Zircon (6 hours)	0.5 ml/2 l	1.15±0.08	–	4.16±0.21
Gumat+7 (12 hours)	1.5 g/1 l	1.04±0.06	–	4.68±0.18
Gumat+7 (12 hours)	0.5 g/1 l	1.28±0.11	–	4.63±0.17
Control		0.82±0.08	–	4.14±0.13
Experiment 3. Pre-sowing seed treatment with Zircon and Trichotsin (6+2 h), seed sowing. Pre-sowing soil irrigation with Tsitovit				
Baikal + Trichocin (1.5+2h)	2 ml/2 l	1.23±0.11	–	4.25±0.15
Zircon + Trichocin (3+2h)	0.5 ml/2 l	1.16±0.10	1.42±0.03	3.8±0.11
Zircon + Trichocin (6+2h)	0.5 ml/2 l	1.31±0.10	–	3.84±0.11
Gumat+7 + Trichocin (12+2h)	0.5 g/1 l	1.37±0.11	–	3.99±0.13
Gumat+7 + Trichocin (12+2h)	1.5 g/1 l	1.38±0.09	–	4.37±0.11
Control + Trichocin	0.6 g/1 l	1.21±0.07	1.18±0.04	4.34±0.14
Control		1.19±0.06	1.41±0.05	4.02±0.15
Experiment 4. Watering the soil with growth regulators, pre-sowing watering with Tsitovit, sowing of seeds treated with Zircon (6 h)+ Trichocin (2 h)				
KZ Cultury	100 ml/10 l	1.31±0.05	1.24±0.04	4.49±0.16
AridGrow	50 ml/10 l	1.28±0.06	1.03±0.04	4.48±0.13
Tsitovit	1.5 ml/1.5 l	1.32±0.08	–	4.75±0.17
Trichocin	1.2 g/2 l/2 м ²	1.35±0.06	1.09±0.04	3.9±0.11
Control		1.31±0.08	1.32±0.03	4.86±0.18

В питомнике АФ ГНПП «Кокшетау» по всем годам проводимых исследований наблюдался минимальный рост одно-двухлетних сеянцев сосны обыкновенной по сравнению с другими регионами. Это происходит по нескольким причинам. Во-первых, поздний посев семян. Из-за особенностей расположения питомника посев ежегодно проводится не ранее начала июня, что значительно снижает рост

сеянцев и грунтовую всхожесть семян. Во-вторых, низкая плодородность и тяжелый механический состав почвы. Из-за сильного уплотнения почвы в вегетационный период корни растений не могут проникать в более глубокие слои почвы, поэтому формируется укороченная корневая система с множеством мелких корней. Из-за сильного истощения почвы высота сеянцев очень небольшая, причем длина хвои достигает до 10 и более сантиметров. И самая важная причина низкого качества посадочного материала — плохие семена. В 2019 г. на участке были посеяны семена из ГЛПР «Ертіс орманы», которые при всех вышеуказанных факторах агротехники и погодных условиях превышали высоту местных сеянцев более чем в 2 раза.

Проведенные опытные работы по адаптации зарубежных технологий (рис. 2) показали хорошие результаты при применении удобрения Фертика в питомнике ГЛПР «Ертіс орманы». Высота однолетних сеянцев с использованием этого удобрения превышала другие варианты в 1,0...1,4 раза. В питомнике АФ ГНПП «Кокшетау» использование удобрения Фертика не повлияло на увеличения роста сеянцев — в данном опыте высота сеянцев была наименьшей. Наибольшие показатели имел вариант с применением борной кислоты. Аналогично для сеянцев, произрастающих в питомнике КГУ «УЛХ «Букпа», внесение удобрения носило отрицательный характер — все сеянцы отставали в росте.

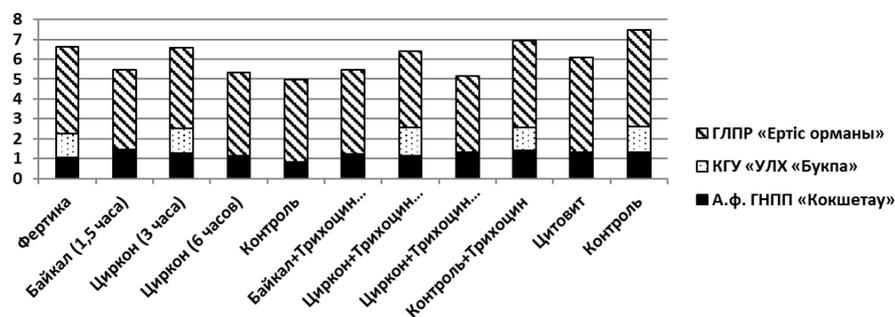


Рис. 2. Средняя высота, см, однолетних сеянцев сосны обыкновенной в опытах по испытываемым технологиям

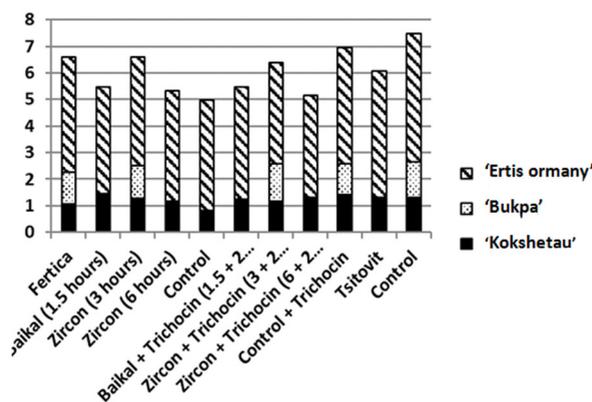


Fig. 2. Average height of scots pine annual seedlings in the tested technologies

Применение Циркона совместно с Трихоцином позволило увеличить рост сеянцев в питомнике КГУ «УЛХ «Букпа» до 1,42 см, что являлось наибольшим значением. Полив почвы Цитовитом повлиял на рост однолетних сеянцев сосны обыкновенной по всем регионам, но показатели роста незначительно превышали контроль и отставали от некоторых других вариантов в данном опыте. Предпосевная обработка Цирконом по испытываемой технологии как при применении только стимулятора, так и совместно с Трихоцином в питомнике ГЛПР «Ертіс орманы» не повлияла на высоту и встречаемость однолетних сеянцев, в данном варианте наблюдались наименьшие показатели. В АФ ГНПП «Кокшетау» достоверных различий в применении Циркона и других стимуляторов не обнаружено.

Предпосевная обработка семян сосны обыкновенной Байкалом повлияла на ускорение высоты однолетних сеянцев только в питомнике АФ ГНПП «Кокшетау». Но следует отметить, что встречаемость сеянцев на единице площади при обработке Байкалом увеличивается.

Поскольку для исследований было выбрано большое число опытов и их вариантов, по всем полученным результатам проведен кластерный анализ. На основании данного анализа были выбраны оптимальные варианты для влияния на увеличение грунтовой всхожести и роста сеянцев. Для ГЛПР «Ертіс орманы» положительное воздействие оказывает полив почвы Цитовитом и ЭридГроу. В питомниках АФ ГНПП «Кокшетау» и КГУ «УЛХ «Букпа» из-за неблагоприятных почвенных условий необходимо увеличение плодородия почвы, поэтому наиболее хорошие результаты показал опыт с внесением азотных, фосфорных удобрений, полив почвы ЭридГроу и KZ Культуры. Для повышения грунтовой всхожести и высоты сеянцев также возможно применение предпосевной обработки семян Гуматом+7 в течение 12 часов.

Заключение

В проведенных наблюдениях выявлено, что применяемые в ближнем зарубежье технологии интенсивного выращивания сеянцев сосны обыкновенной по совокупности исследуемых признаков показали положительное влияние только при использовании Цитовита. В целом выявлено, что лучшие показатели роста по высоте имеют сеянцы сосны обыкновенной, выращенные из семян с предпосевной обработкой в Гумате+7 в течение 12 часов, причем хорошие результаты имеет как применение только стимулятора, так и совместно с фунгицидом Трихоцин. Также очень большую роль в ускорении роста сеянцев сосны обыкновенной играет повышение плодородия почвы путем внесения азотных, фосфорных удобрений, активатора почвы ЭридГроу и «KZ Культуры».

Библиографический список

1. Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Дроздов И.И. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на прорастание семян и рост сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 3 (345). С. 53–58.
2. Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В., Щур А.В. Влияние нанокристаллического порошка железа на выход посадочного материала сосны обыкновенной, пригодного для механизированной посадки // Вестник Белорусско-Российского университета. 2015. № 2 (47). С. 136–142.

3. Филоник И.А., Апрусюхин А.И., Никитин М.М. Стимулятор прорастания, роста и развития древесных растений и способ стимуляции прорастания, роста и развития древесных растений. Патент на изобретение RU2362303 26.04.2007.
4. Гапонько Е.А., Каницкая Л.В. Оценка влияния стимуляторов на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) // Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 46–51. doi: 10.17513/use.36835
5. Прокопьев А.П. Использование биологически активных веществ при выращивании сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесных питомниках Среднего Поволжья: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Оренбург: Оренбургский государственный педагогический университет, 2013. 13 с.
6. Устинова Т.С., Зуров Р.Н. Влияние препарата Гумат+7 на ростовые процессы хвойных пород // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010. № 26. С. 115–118.
7. Кabanova С.А., Данченко А.М., Данченко М.А. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной в Северном Казахстане // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 88–92.
8. Кabanova С.А., Данченко М.А., Борцов В.А., Кочегаров И.С. Результаты предпосевной обработки семян сосны обыкновенной стимуляторами роста // Лесотехнический журнал. 2017. № 2 (26). С. 75–83. doi: 10.12737/article_5967e97d74f307.86943920
9. Aphalo P.J., Rikala R., Sanchez R.A. Effect of CCC on the morphology and growth potential of containerised silver birch seedlings // *New Forests*. 1997. Т. 14. № 3. Pp. 167–177. doi: 10.1023/A:1006568813442
10. Materechera S.A. Influence of pre-sowing seed treatments on the germination of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) // *Acta Horticulturae*. 2017. № 1158. P. 149–158. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1158.18
11. Ковалевский С.Б., Тараненко Ю.Н. Выращивание сеянцев сосны обыкновенной с использованием регуляторов роста растений и композиционных удобрений // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2013. № 3. (Вып. 204). С. 47–55.
12. Кулагин А.А., Сахнов В.В., Прокофьев А.П. Влияние биологически активных веществ на рост и сохранность сеянцев сосны обыкновенной первого года выращивания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (35). С. 12–13.
13. Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н., Пентелькина Н.В., Иванюшева Г.И., Сахнов В.В., Петров В.А., Чукарина А.В., Багаев С.С. Выращивание посадочного материала хвойных пород с использованием ростовых стимуляторов // Лесохозяйственная информация. 2013. № 2. С. 9–15.
14. Шершнев И.В., Звягина Г.А. Технология выращивания стандартных сеянцев сосны обыкновенной в открытом грунте в условиях учебно-опытного лесхоза Брянского лесного массива // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2006. № 13. С. 114–116.

References

1. Smirnov AI, Orlov FS, Drozdov II. Influence of low frequency electromagnetic field on seed germination and growth of seedlings of Scots pine and Norway spruce. *Russian Forestry Journal*. 2015; (3):53–58. (In Russ).
2. Fadkin GN, Vinogradov DV, Shchur AV. Effect of iron nanocrystalline powder on the yield of scots pine planting material suitable for mechanized planting. *The Bulletin of the Belarusian-Russian University*. 2015; (2):136–142. (In Russ).
3. Filonik IA, Aprasyuhin AI, Nikitin MM. *Stimulyator prorastaniya, rosta i razvitiya drevesnyh rastenij i sposob stimulyacii prorastaniya, rosta i razvitiya drevesnyh rastenij* [Stimulator of germination, growth and development of woody plants and a method for stimulating germination, growth and development of woody plants]. Patent RUS, no. 2362303, 2007. (In Russ).
4. Gaponko EA, Kanickaya LV. Evaluation of the effect of stimulants on germination energy and germination of scots pine (*Pinus sylvestris*) seeds. *Advances in current natural sciences*. 2018; (8):46–51. (In Russ). doi: 10.17513/use.36835
5. Prokopen AP. *Ispolzovanie biologicheski aktivnyh veshchestv pri vyrashchivanii sosny obyknovennoj (Pinus sylvestris L.) v lesnyh pitomnikah Srednego Povolzhya*. [Use of biologically active substances when growing scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest nurseries of the Middle Volga region] [Dissertation] Orenburg; 2013. (In Russ).
6. Ustinova TS, Zurov RN. Influence of Gumat+7 on growth processes of coniferous plant species. *Actual problems of the forestry complex*. 2010; 26:115–118. (In Russ).
7. Kabanova SA, Danchenko AM, Danchenko MA. The effect of stimulants on seed germination and growth of seedlings of pinus sylvestris in Northern Kazakhstan. *Advances in current natural sciences*. 2016; (8):88–92. (In Russ).

8. Kabanova SA, Danchenko MA, Borcov VA, Kochegarov IS. Results of pre-sowing treatment of seeds of scots pine with growth stimulants. *Forestry Engineering Journal*. 2017; 7(2):75–83. (In Russ). doi: 10.12737/article_5967e97d74f307.86943920
9. Aphalo PJ, Rikala R, Sanchez RA. Effect of CCC on the morphology and growth potential of containerised silver birch seedlings. *New Forests*. 1997; 14(3):167–177. doi: 10.1023/A:1006568813442
10. Materechera SA. Influence of pre-sowing seed treatments on the germination of moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Acta Horticulturae*. 2017; 1158: 149–158. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1158.18
11. Kovalevskij SB, Taranenko YN. Growing of Scots pine seedlings using plant growth regulators and composite fertilizers. *Izvestia sankt-peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*. 2013; 204:47–55. (In Russ).
12. Kulagin AA, Sahnov VV, Prokof'ev A. P. Effect of biologically active substances on the growth and viability of scots pine seedlings in the first year of growing. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2012; (3):12–13. (In Russ).
13. Prokazin NE, Lobanova EN, Pentelkina NV, Ivanyusheva GI, Sahnov VV, Petrov VA, et al. Production of softwood stock with growth promoter applications. *Forestry information*. 2013; (2):9–15. (In Russ).
14. Snershnev IV, Zvyagina GA. Technology for growing standard seedlings of scots pine in open ground in the conditions of the educational and experimental forestry of the Bryansk forest area. *Actual problems of the forestry complex*. 2006; 13:114–116 (In Russ).

Об авторах:

Кабанова Светлана Анатольевна — кандидат биологических наук, заведующий отделом воспроизводства лесов и лесоразведения, Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан, 021704, Акмолинская обл., г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58; e-mail: Kabanova.05@mail.ru

Борцов Валерий Анатольевич — младший научный сотрудник отдела воспроизводства лесов и лесоразведения, Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан, 021704, Акмолинская обл., г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58; e-mail: bortsov_1969@mail.ru

Данченко Матвей Анатольевич — кандидат географических наук, доцент кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства, Биологический институт, Томский государственный университет, Российская Федерация, 634050, г. Томск, ул. Ленина, д. 36; e-mail: mtd2005@sibmail.com

About authors:

Kabanova Svetlana Anatolyevna — Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Forest Reproduction and Afforestation, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, 58, Kirova st., Shchuchinsk, Akmola region, Kazakhstan, 021704; e-mail: kabanova.05@mail.ru

Bortsov Valery Anatolyevich — Junior Researcher, Department of reforestation and afforestation, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry; 58, Kirova st., Shchuchinsk, Akmola region, Kazakhstan, 021704; e-mail: bortsov_1969@mail.ru

Danchenko Matvey Anatolyevich — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of forestry and landscape construction, Biological Institute, Tomsk State University, 36, Lenina st., Tomsk, Russian Federation, 634050; e-mail: mtd2005@sibmail.com



DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-51-61
УДК 633.112: 631.529

Научная статья / Research article

Влияние комплексных препаратов серии БиоАктивСоил на урожайность и качество зерна яровой твердой и мягкой пшеницы

А.Г. Ложкин¹, П.Н. Мальчиков², Н.В. Мардарьева^{1*}, В.В. Сидоров¹

¹Чувашская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Чебоксары, Чувашская Республика, Российская Федерация
²Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
имени Н.М. Тулайкова,
п. г. т. Безенчук, Самарская область, Российская Федерация
* volga480@yandex.ru

Аннотация. Приведены экспериментальные данные роста, развития, урожайности и качества урожая зерна яровой твердой и мягкой пшеницы при применении препаратов Bloom&Grow и Immune System в условиях светло-серых лесных почв Чувашской Республики. Результаты двухлетних исследований выявили, что у растений обработанных препаратами, сокращается период прохождения фазы всходы — созревание до 7–8 дней, высота обработанных растений мягкой пшеницы превышала контрольный вариант на 12,5 см, превышение длины главного колоса составило 0,4 см, количества зерен в нем — 6,1 шт., а массы зерен — 0,23 г. Растения яровой твердой пшеницы, обработанные микроудобрениями, по высоте растений превышали контрольный вариант на 25,1 см, по показателям длины главного колоса, числа зерен в нем и массе зерна достоверно превышали контрольный вариант. Масса 1000 семян превышала контрольный вариант на 7,28 г. Прибавка урожайности яровой мягкой пшеницы составило 0,89 т/га (26,3%), а твердой пшеницы — 0,93 т/га (28,6%). Применение препаратов Bloom&Grow и Immune System привело к увеличению содержания клейковины в зерне яровой мягкой и твердой пшеницы, улучшению показателя деформации клейковины до 1 группы с накоплением минеральных веществ.

Ключевые слова: микроудобрения, яровая пшеница, качество урожая, клейковина, структура урожая, урожайность, фазы роста, стимулятор роста, иммуномодулятор.

История статьи:

Поступила в редакцию 17 января 2020. Принята к публикации 4 февраля 2020 г.

Конфликт интересов:

Отсутствие конфликта интересов в связи с отсутствием финансирования от компании-производителя препаратов.

Благодарности. Финансирование

Финансирование научных исследований осуществлялось за счет средств ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА.

© Ложкин А.Г., Мальчиков П.Н., Мардарьева Н.В., Сидоров В.В., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Для цитирования:

Ложкин А.Г., Мальчиков П.Н., Мардарьева Н.В., Сидоров В.В. Влияние комплексных препаратов серии БиоАктивСоил на урожайность и качество зерна яровой твердой и мягкой пшеницы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С. 51–61. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-51-61

Influence of Bioactivesoil combined fertilizers on yield and quality of spring hard and soft wheat

Alexandr G. Lozhkin¹, Petr N. Malchikov², Natalia V. Mardaryeva^{1*}, Vyacheslav V. Sidorov¹

¹Chuvash State Agricultural Academy, *Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation*

²Tulaykov Samara Research Institute of Agriculture, *Bezenchuk, Russian Federation*

*Corresponding author: volga480@yandex.ru

Abstract. The experimental data on effect of Bloom & Grow and Immune System fertilizers on growth, development, yield and grain quality of spring durum and soft wheat in light gray forest soils of the Chuvash Republic are presented. The results of two research years revealed that in plants treated with fertilizers, the growth period 'seedling—ripening' is reduced by 7–8 days, height of the treated soft wheat plants exceeded the control variant by 12.5 cm, length of the main spike — by 0.4 cm, number of grains per spike — by 6.1, and grain mass per spike — by 0.23 g. Plants of spring durum wheat treated with micronutrient fertilizers exceeded the control variant by 25.1 cm in plant height, length of the main spike, number of grains in it and grain weight significantly exceeded the control variant. The 1000 seed mass exceeded the control variant by 7.28 grams. The increase in the yield of spring soft wheat was 0.89 t/ha (26.3%), and durum wheat — 0.93 t/ha (28.6%). Application of Bloom & Grow and Immune System fertilizers led to an increase in gluten content in spring soft and durum wheat grains, and an improvement in gluten deformation rate to group 1 with the accumulation of minerals.

Keywords: microfertilizers, spring wheat, yield quality, gluten, yield structure, productivity, growth stages, growth regulator, immune modulator

Article history:

Received: 17 January 2020. Accepted: 4 February 2020

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest due to lack of funding from a drug manufacturing company.

Acknowledgments. Funding

The scientific research was supported by Chuvash State Agricultural Academy.

For citation:

Lozhkin AG, Malchikov PN, Mardaryeva NV, Sidorov VV. Influence of Bioactivesoil combined fertilizers on yield and quality of spring hard and soft wheat. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):51–61. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-51-61

Введение

Производство зерна находится в центре аграрной политики Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. По объему экспорта пшеницы Россия с 2016 г., обогнав своего главного конкурента — США, занимает 1-е место в мире

(39 млн. т в 2018 г.). Однако муки Россия вывозит за рубеж лишь 280 тыс. т (0,7% от экспорта зерна пшеницы). При этом Турция, закупающая зерно в России, перерабатывает его и выходит на лидерские позиции в мире по экспорту муки [1, 2].

В России в последние годы наблюдается тенденция снижения качества зерна. Так, доля непродовольственной пшеницы — зернофуража — в 2018 г. составила более 30% от всего объема производства, что на 3% больше, чем в 2017 г., и на 9% выше среднего уровня за последние 5 лет. Объем глубокой переработки зерна в России составляет чуть более 300 тыс. т, тогда как внутреннее потребление и экспортный потенциал страны могли бы довести эти объемы до 7 млн. т и более [3, 4].

По данным Росстата, посевные площади пшеницы озимой и яровой в России в 2019 г., в хозяйствах всех категорий составили 28069,8 тыс. га (на озимую пшеницу пришлось 56,3%, на яровую — 43,7% всех посевов), т.е. по отношению к 2018 г. выросли на 3,0% (на 805,7 тыс. га), а за последние 5 лет — на 11,1% (на 2812,2 тыс. га). По отношению к 2001 г. площади посевов выросли на 18,1% (на 4306,1 тыс. га); однако за последние 10 лет они сократились на 2,2% (на 632,0 тыс. га), поэтому существенное увеличение валового сбора зерна может идти главным образом за счет подъема урожайности [5, 6].

Применение макро- и микроудобрений, стимуляторов роста и иммуномодуляторов имеет решающее значение в повышении урожаев сельскохозяйственных культур. Различные технологии обработки почвы, применение местных нетрадиционных удобрений также показали свою эффективность на сельскохозяйственных культурах [7]. Следует отметить, что в Чувашской Республике яровая твердая пшеница в промышленных масштабах не возделывается и нет рекомендованных сортов для ее возделывания, поэтому задача проведения полевых испытаний сортов твердой пшеницы в северных регионах Поволжья с целью расширения ареала этой культуры актуальна.

Цель исследований — установление продуктивности сортов яровой мягкой и твердой пшеницы от применения микроудобрений в биоклиматических условиях Чувашской Республики.

Материалы и методы

Производственные опытные участки размещались в поле № 4 полевого севооборота Учебного научно-производственного центра (УНПЦ) «Студенческий» Чувашской ГСХА. Правообладателем препаратов — органоминерального удобрения серии БиоАктивСоил (Bioactivesoil) марки: Bloom&Grow и Immune System — является компания Agratec Bio (свидетельство о государственной регистрации препаратов на территории России № 2240 от 24 мая 2019 г.).

Препараты Bloom&Grow и Immune System применялись для обработки яровой мягкой пшеницы на площади 2 га, яровой твердой пшеницы — 2 га. Всего препаратами обработано 4 га зерновых культур; с учетом контрольных вариантов общая площадь под производственными опытами составила 8 га.

Почва опытного участка УНПЦ «Студенческий» — светло-серая лесная, среднесуглинистая на лессовидном суглинке, с мощностью пахотного слоя 25 см; мощность подпахотного горизонта A_2B — 13 см.

Содержание гумуса в пахотном слое светло-серых лесных почв опытного поля варьируется от 2,30 до 2,55%, подвижного фосфора по Кирсанову — 146...155 мг/кг (повышенное содержание), обменного калия — 115...119 мг/кг (среднее содержание), рН обменной кислотности — 5,72...6,00 (близкая к нейтральной). Сумма поглощенных оснований варьируется от 14,5 до 16,0 мг-э/100 г почвы, гидролитическая кислотность — от 1,20 до 1,75 мг-э/100 г.

В целом вегетационный период 2018 г. характеризовался недостатком влаги и прохладным летом (осадков выпало несколько менее среднемноголетних значений), что в недостаточной мере способствовало росту, развитию зерновых культур и формированию урожая. В 2019 г. с мая по июль выпало осадков на 32% меньше, а в августе — 150% осадков от среднемноголетних показателей. Среднемесячная температура была ниже среднемноголетней на 2,1 °С, что угрожало снижением качества урожая зерновых культур, в особенности яровой твердой пшеницы.

В опытах использована яровая мягкая пшеница, сорт «Маргарита», среднеранний, вегетационный период 75...96 дней. Год включения в реестр: 2008 г. Регионы допуска: 4, 7. Патентообладатель: ГНУ Ульяновский НИИСХ РАСХН. Ботаническая характеристика: пшеница мягкая яровая, разновидность лютеценс.

Яровая твердая пшеница — «Безенчукская Нива», среднеспелая, вегетационный период 75...96 дней. Включена в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации в 2012 г. Допущена к использованию в 9 (Уральском) регионе. Сорт защищен патентом РФ, авторы: П. Н. Мальчиков, А. А. Вьюшков, М. Г. Мясникова.

Весной за 10 дней до обработки почвы на поверхность поля опрыскивателем ОПШ-2500 был внесен водный раствор препарата Bloom&Grow (из расчета 1 л/га препарата); далее по вегетирующим растениям было проведено два опрыскивания с интервалом 14...16 дней препаратом Immune System при норме расхода 0,3 л/га.

Посев опытных участков зерновых культур в 2018 г. провели 20 мая, в 2019 г. — 10 мая. Для посева использовали категорию семян «элита», норма высева яровой мягкой и твердой пшеницы составила 5 млн. всхожих семян на 1 га.

Перед посевом семена протравливались против болезней препаратом Оплот при норме 0,5 л/т семян. При посеве в рядки вносилось минеральное азотное удобрение — аммиачная селитра — в норме 100 кг физического веса на 1 га. Дружные всходы появились через 7–8 дней после посева. В фазу кущения яровой пшеницы в июне была проведена химическая прополка баковой смесью препаратов «Балерина + Магnum» с одновременной азотной листовой подкормкой карбамидом в норме 15 кг/га в физическом весе.

Первое опрыскивание посевов яровой мягкой и твердой пшеницы препаратом Immune System было проведено в июле в фазу выхода в трубку яровых зерновых культур. Норма расхода препарата 0,3 л/га, норма рабочей жидкости 300 л/га. Второе опрыскивание проводили спустя 2 недели после первого опрыскивания в фазу начала колошения. Фенологические наблюдения на опытных полях проводили по всем вариантам в течение всего вегетационного сезона. Наступление фаз развития растений пшеницы устанавливали глазомерно. За начало фазы принимали день, когда в данную фазу вступило не менее 10% растений; за полное наступление

фазы — когда она распространялась не менее чем на 75% растений. В отдельных случаях для большей точности визуальную оценку заменяли подсчетом растений. Все наблюдения и учеты в период вегетации, уборку и учет урожая вели согласно методике государственного сортоиспытания.

Урожай оценивался методом анализа пробных снопов, которые были отобраны перед уборкой урожая. Математическая обработка полученных данных проводилась дисперсионным методом по Доспехову.

Результаты и обсуждение

Действующее вещество препаратов Bloom&Grow и Immune System разработано при совместном участии ведущих российских ученых ВНИИ агрохимии им. Прянишникова, ВНИИ Россельхозакадемии России и факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова и поддержано фондом Сколково. Препараты имеют сложный химический состав, содержат органическое вещество до 25%, макро- и микроэлементы, органические вещества, органические кислоты, аминокислоты и воду.

Данные по наблюдениям продолжительности фаз роста и развития яровой мягкой и твердой пшеницы в 2018–2019 гг., приведенные в табл. 1., свидетельствуют о том, что продолжительность вегетации твердой пшеницы дольше, чем мягкой пшеницы, в среднем на 8 дней (за 2 года исследований).

Таблица 1

Влияние препаратов на продолжительность фаз роста и развития яровой мягкой и твердой пшеницы

Вариант опыта	Год	Всходы – выход в трубку в трубку	Колошение и цветение	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
		Фенологические фазы развития мягкой пшеницы, дней				
Контроль	2018	39	56	74	90	104
	2019	35	52	71	87	110
	<i>Средн</i>	37	54	72,5	88,5	107
Микроудобрения	2018	39	54	71	85	97
	2019	34	50	70	81	104
	<i>Средн</i>	36,5	52	70,5	83	100,5
		Фенологические фазы развития твердой пшеницы, дней				
Контроль	2018	41	58	76	94	110
	2019	38	54	72	96	120
	<i>Средн</i>	39,5	56	74	95	115
Микроудобрения	2018	41	58	73	90	102
	2019	38	53	70	94	115
	<i>Средн</i>	39,5	55,5	71,5	92	108,5

Table 1

Effect of fertilizers on growth of spring soft and hard wheat

Variant	Year	Seedlings-booting	Earing and blooming	Milky ripeness	Waxy ripeness	Full maturity
		Growth stages of soft wheat, days				
Control	2018	39	56	74	90	104
	2019	35	52	71	87	110
	average	37	54	72.5	88.5	107
Microfertilizers	2018	39	54	71	85	97
	2019	34	50	70	81	104
	average	36.5	52	70.5	83	100.5
Growth stages of hard wheat, days						
Control	2018	41	58	76	94	110
	2019	38	54	72	96	120
	average	39.5	56	74	95	115
Microfertilizers	2018	41	58	73	90	102
	2019	38	53	70	94	115
	average	39.5	55.5	71.5	92	108.5

Климатические условия испытываемых лет определенно влияли на продолжительность фаз вегетации, наиболее короткая вегетация наблюдается в условиях 2018 г., обильные дожди в августе 2019 г., в сочетании с низкой температурой, значительно удлинители сроки созревания культуры в среднем на 7 и 13 дней мягкой и твердой пшеницы соответственно. Применение микроудобрений в среднем за два года ускорило прохождение этапов органогенеза растениями яровой мягкой и твердой пшеницы на 6,5 дней по сравнению с контрольным вариантом.

Данные элементов структуры урожая яровой мягкой пшеницы приведены в табл. 2. Полученные данные свидетельствуют, что при применении микроудобрений высота растений достоверно превышает контрольный вариант на 12,5 см. В наших исследованиях показатель общей и продуктивной кустистости составляет 1,2 и 1,1 соответственно. По вариантам опыта достоверного изменения показателя кущения не отмечено.

Таблица 2

Влияние препаратов на биометрию и элементы структуры урожая яровой мягкой пшеницы в среднем за 2018–2019 гг.

Вариант	Высота растений, см	Кустистость		Главный колос			Масса 1000 семян, г
		Общая	Продуктивная	Длина, см	Число зерен, шт.	Масса зерен в колосе, г	
Контроль	84,1	1,2	1,1	6,2	14,9	0,56	36,1
Микроудобрения	96,6	1,2	1,2	6,6	21,0	0,79	35,6
НСР 05	6,2	0,1	0,1	0,2	3,4	0,1	0,8

Table 2

Effect of fertilizers on spring soft wheat yield (average for 2018–2019)

Variant	Plant height, cm	Stooling		Main ear			1000 seed mass, g
		Total	Productive	Length, cm	Grain number	Grain mass per ear, g	
Control	84.1	1.2	1.1	6.2	14.9	0.56	36.1
Microfertilizers	96.6	1.2	1.2	6.6	21.0	0.79	35.6
LSD05	6.2	0.1	0.1	0.2	3.4	0.1	0.8

Исследованиями установлено, что при применении микроудобрений существенно увеличилась длина главного колоса на 0,4 см, что привело к формированию большего количества зерен в колоске (на 6,1 шт.) и повлияло на увеличение массы зерен в колосе на 0,23 г, по сравнению с контрольным вариантом. Масса 1000 семян в вариантах опыта оказалась в пределах ошибки полевого опыта.

Данные биометрических и структурных показателей растений яровой твердой пшеницы приведены в табл. 3. Посевы, обработанные микроудобрениями, отличаются более интенсивным ростом растений, высота их превысила контрольный вариант в среднем на 25,1 см. Показатели кустистости растений не зависели от внесения препарата.

Таблица 3

Влияние препаратов на биометрию и элементы структуры урожая яровой твердой пшеницы в среднем за 2018–2019 гг.

Вариант	Высота растений, см	Кустистость		Главный колос			Масса 1000 семян, г
		Общая	Продуктивная	Длина, см	Число зерен, шт	Масса зерен в колосе, г	
Контроль (без обработки)	74,4	1,5	1,5	5,60	22,4	0,89	37,84
Микроудобрения	99,5	1,5	1,4	6,57	32,2	1,24	45,12
НСП 05	8,3	0,1	0,1	0,4	4,3	0,23	3,7

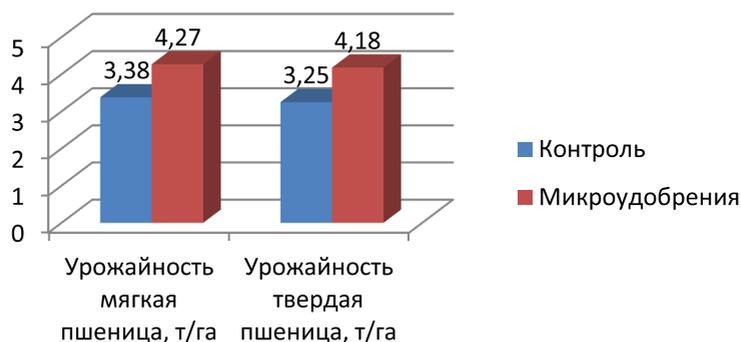
Table 3

The Effect of fertilizers on spring hard wheat yield (average for 2018–2019)

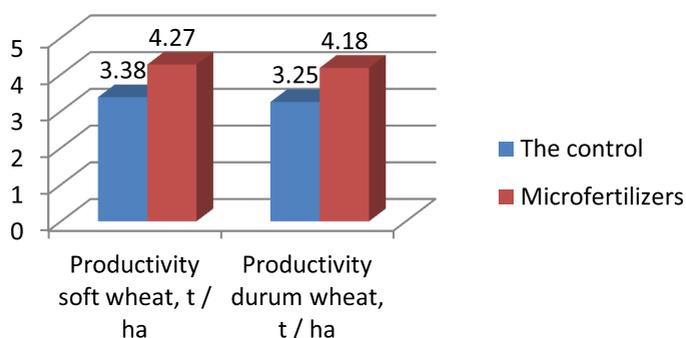
Variant	Plant height, cm	Stooling		Main ear			1000 seed mass, g
		Total	Productive	Length, cm	Grain number	Grain mass per ear, g	
Control	74.4	1.5	1.5	5.60	22.4	0.89	37.84
Microfertilizers	99.5	1.5	1.4	6.57	32.2	1.24	45.12
LSD05	8.3	0.1	0.1	0.4	4.3	0.23	3.7

По показателям длины главного колоса, числа зерен в нем и массе зерна обработанные препаратом растения пшеницы достоверно превышали контрольный вариант. Масса 1000 семян обработанных препаратом растений твердой пшеницы существенно превышала контрольный вариант на 7,28 г.

Урожайные данные зерновых культур в опытах приведены на рисунке. Анализ научных данных свидетельствует, что применение микроудобрений в среднем за два года достоверно способствовала повышению урожайности зерновых культур. Урожайность яровой мягкой пшеницы в варианте с микроудобрениями превысила контрольный вариант на 0,89 т/га (26,3%), а яровой твердой пшеницы — на 0,93 т/га (28,6%).



Урожайность зерновых культур в среднем за 2018–2019 гг.



Average crop productivity in 2018–2019

Результаты анализа качественных показателей зерна в среднем за 2 года приведены в табл. 4.

Таблица 4

Влияние препаратов на качество яровой мягкой и твердой пшеницы

Показатели	Ед. измерения	Мягкая пшеница		Твердая пшеница	
		Контроль	Микроудобрения	Контроль	Микроудобрения
Клейковина	%	18,0	25,2	23,3	30,3
ИДК	ед.	92,8	52,6	38,2	67,2
Зольность	%	1,85	1,33	1,71	1,77
Массовая доля сырого жира в пересчете на а. с. в.	%	1,89	2,13	1,63	1,61
Массовая доля влаги	%	9,3	9,6	9,3	10,4

Table 4

Effect of fertilizers on quality of spring soft and hard wheat

Indicators	Unit	Soft wheat		Hard wheat	
		Control	Microfertilizers	Control	Microfertilizers
Gluten	%	18.0	25.2	23.3	30.3
GDI	units	92.8	52.6	38.2	67.2
Ash	%	1.85	1.33	1.71	1.77
Crude fat (reduced to dry matter)	%	1.89	2.13	1.63	1.61
Moisture	%	9.3	9.6	9.3	10.4

При биохимическом анализе влажность зерна яровой мягкой и твердой пшеницы составляла соответственно 9,3 и 10,4%, содержание сухого вещества — 90,7 и 89,6%.

Применение препаратов на яровой мягкой и твердой пшенице способствовало увеличению содержания клейковины на 7,2 и 7,0% соответственно. Показатель индекса деформации клейковины (ИДК) мягкой пшеницы в варианте с применением микроудобрений составил 52,6 ед., что относит ее к 1 группе по качеству муки — «хорошая», а в контрольном варианте она относится к удовлетворительно крепкой с уровнем индекса деформации от 20 до 40 единиц. Такая же тенденция с ИДК наблюдается и в опытах с твердой пшеницей; применение препаратов позволило получить зерно с наилучшим показателем клейковины, соответствующем первой группе по качеству муки.

В зерне пшеницы наибольшая доля золы приходится на оксиды фосфора, калия и магния (свыше 85%). В контрольном варианте мягкой пшеницы содержание золы оказалось выше обработанного препаратом варианта, а в вариантах твердой пшеницы не отмечено существенных изменений.

Содержание сырого жира в зернах зерновых культур при применении препаратов повысилось на мягкой пшенице на 0,24% по сравнению с контролем, на твердой пшенице осталось неизменной.

Заключение

По результатам двухлетних исследований можно сделать следующие выводы:

1. На светло-серых лесных почвах северной сельскохозяйственной зоны Чувашской Республики возможно производство твердой яровой пшеницы сорта Безенчукская Нива.

2. Применение препаратов Bloom&Grow и Immune System способствовало более интенсивному росту растений мягкой пшеницы, где превышение длины главного колоса по сравнению с контролем составила 0,4 см, количества зерен в нем — 6,1 шт., а массы зерен — 0,23 г. Растения яровой твердой пшеницы, обработанные микроудобрениями, по высоте растений превышали контрольный вариант на 25,1 см, по показателям длины главного колоса — 0,97 см, числа зерен в нем — 9,8 шт., массе зерна в колосе — 0,35 г. Масса 1000 семян превышала контрольный вариант на 7,28 г. Прибавка урожайности яровой мягкой пшеницы составила 0,89 т/га (26,3%), а твердой пшеницы — 0,93 т/га (28,6%).

3. Применение препаратов Bloom&Grow и Immune System привело к увеличению содержания клейковины в зерне яровой мягкой на 7,2% и твердой пшеницы на 7,0%.

Библиографический список

1. Макушев А.Е., Абросимова М.С. Государственное регулирование деятельности предприятий АПК // Развитие аграрной науки как важнейшее условие эффективного функционирования агропромышленного комплекса страны: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Чувашской Республики и Российской Федерации, доктора ветеринарных наук, профессора Кириллова Николая Кирилловича. Чебоксары, 2018. С. 491–495.
2. Пушкаренко Н.Н., Иванчиков Ю.В. Проблемы технического сервиса в сельском хозяйстве и возможные пути их решения // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 228–234.
3. Кузнецов Н.Н., Пушкаренко Н.Н., Медведев В.И., Зайцев П.В., Васильев А.О., Андреев Р.В. Модель функционирования технологического процесса послеуборочной обработки зерна в отделении приема и предварительной очистки зернового вороха // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4 (51). С. 114–118. doi: 10.12737/article_5c3de39977c439.48919234
4. Ложкин А.Г., Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Яровая твердая пшеница в условиях лесостепной зоны Чувашской Республики // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4 (58). С. 59–62. doi: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-59-62
5. Шашкаров Л.Г., Малов Н.П. Густота всходов, полевая всхожесть и выживаемость растений яровой пшеницы в зависимости от сорта // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 3 (50). С. 65–68. doi: 10.12737/article_5bcf556e27c338.79719264
6. Шашкаров Л.Г., Лебедева З.Г. Формирование густоты посева и структуры урожая яровой пшеницы в зависимости от сорта и предпосевной обработки семян // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 1 (39). С. 30–33. doi: 10.12737/19303
7. Ильина Т.А., Ильин А.Н., Васильев О.А. Влияние технологий обработки на запасы влаги в серой лесной почве Чувашии // Вестник Казанского аграрного университета. 2017. № 4 (46). С. 8–11. doi: 10.12737/article_5a5f0410f0ba45.73690952

References

1. Makushev AE, Abrosimova MS. State regulation of activities of agricultural enterprises. In: *Development of agricultural science as the most important condition for the effective functioning of the country's agricultural complex. Proceedings of the Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th birthday of Honored Worker of Higher School of the Chuvash Republic and the Russian Federation, Doctor of Veterinary Sciences, Professor Kirillov Nikolay Kirillovich*. Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy; 2018. p. 491–495.
2. Pushkarenko NN, Ivanschikov YV. Problems of technical service in agriculture and possible solutions. In: *Prospects for development of technical service in agricultural sector. Materials of the Russian Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy; 2018. p. 228–234.
3. Kuznetsov NN, Pushkarenko NN, Medvedev VI, Zaitsev PV, Vasiliev AO, Andreev RV. Model of functioning of technological process of post-harvest grain processing in the reception and preliminary cleaning of grain heaps. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13(4):114–118. doi: 10.12737/article_5c3de39977c439.48919234
4. Lozhkin AG, Malchikov PN, Myasnikova MG. Durum spring wheat in the forest-steppe zone of the Chuvash Republic. *Grain Economy of Russia*. 2018; (4):59–62. doi: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-59-62
5. Shashkarov LG, Malov NP. Density of seedlings, field germination and survival of spring wheat plants depending on the variety. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13(3):65–68. doi: 10.12737/article_5bcf556e27c338.79719264
6. Shashkarov LG, Lebedeva ZG. Formation of crop density and spring wheat crop structure depending on the variety and pre-sowing treatment of seeds. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2016; 11(1):30–33. doi: 10.12737/19303
7. Ilyina TA, Ilyin AN, Vasiliev OA. The influence of processing technologies on moisture reserves in the gray forest soil of Chuvashia. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2017; 12(4):8–11. doi: 10.12737/article_5a5f0410f0ba45.73690952

Об авторах:

Ложкин Александр Геннадьевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Российская Федерация, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, д. 29; e-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru

Мальчиков Петр Николаевич — доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции яровой твердой пшеницы, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н. М. Тулайкова», Российская Федерация, Самарская область, п.г.т. Безенчук, ул. Карла Маркса, д. 41; e-mail: sagrs-mal@mail.ru

Мардарьева Наталия Валерьевна — кандидат биологических наук, заведующий кафедрой биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Российская Федерация, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, д. 29; e-mail: volga480@yandex.ru

Сидоров Вячеслав Витальевич — старший преподаватель кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Российская Федерация, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, д. 29; e-mail: gossort-21@mail.ru

About authors:

Lozhkin Alexander Gennadievich — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agricultural Academy, 29, K. Marksa st., Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, 428003; e-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru

Malchikov Petr Nikolaevich — Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory for Selection of Spring Durum Wheat, Tulaykov Samara Agricultural Research Institute, 41, K. Marksa st., Bezenchuk, Samara Region, Russian Federation, 446254; e-mail: sagrs-mal@mail.ru

Mardaryeva Natalia Valeryevna — Head of the Department of Biotechnology and Agricultural Product Processing, Chuvash State Agricultural Academy, 29, K. Marksa st., Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, 428003; e-mail: volga480@yandex.ru

Sidorov Vyacheslav Vitalievich — Senior Lecturer, Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agricultural Academy, 29, K. Marksa st., Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation, 428003; e-mail: gossort-21@mail.ru



Генетика и селекция растений Genetics and plant breeding

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-62-85
UDC 633.1:575

Research article/Научная статья

Molecular analysis of gibberellin receptor gene *GID1* in *Dasypyrum villosum* and development of DNA marker for its identification

**Olga V. Razumova^{1,2}, Mikhail S. Bazhenov¹, Ekaterina A. Nikitina¹,
Lyubov A. Nazarova¹, Dmitry V. Romanov¹, Anastasya G. Chernook¹,
Pavel A. Sokolov³, Viktoria M. Kuznetsova¹, Oleg G. Semenov⁴,
Gennady I. Karlov^{1,3}, Petr N. Kharchenko¹, Mikhail G. Divashuk^{1,3*}**

¹All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russian Federation

²Moscow Botanical Garden of Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

⁴Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: divashuk@gmail.com

Abstract. *Dasypyrum villosum* is an annual cereal used as a donor of agronomic traits for wheat. Productivity is one of the most important traits that breeding is aimed at. It is a very complex trait, the formation of which is influenced by many different factors, both internal (the genotype of the plant) and external. The genes responsible for the gibberellin sensitivity played a large role in multiplying yields of cereal crops. Another such gene is the *Gid1*, which encodes a receptor for gibberellins. This article compares the DNA sequences of the *Gid1* gene obtained from six *Dasypyrum villosum* samples. Using a sequence of wheat and rye taken from the GenBank database (NCBI), we selected primers for regions of different genomes (A, B, and D subgenomes of wheat and the R genome of rye), and carried out a polymerase chain reaction on *D. villosum* accessions of diverse geographical origin. The resulting PCR product was sequenced by an NGS method. Based on the assembled sequences, DNA markers have been created that make it possible to differentiate these genes of the V genome and homologous genes of wheat origin. Using monosomic addition, substitution, and translocation wheat lines, the localization of the *Gid1* gene of *D. villosum* was established on the long arm of the first V chromosome. A phenotypic assessment of common wheat lines carrying substituted, translocated, or added *D. villosum* chromosomes in their karyotype was performed. Tendency of disappearance of the first chromosome of *D. villosum* in the lines with added chromosomes was revealed.

Key words: *Dasypyrum villosum*, remote hybridization, *Gid1*, gibberellin receptor

© Разумова О.В., Баженов М.С., Никитина Е.А., Назарова Л.А., Романов Д.В., Черноок А.Г., Соколов П.А., Кузнецова В.М., Семенов О.Г., Карлов Г.И., Харченко П.Н., Дивашук М.Г., 2019.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Research funding

The research was performed as part of state assignment No. 0574–2019–0001.

Author contributions

OVR wrote the manuscript; EAN, LAN, DVR, AGC performed laboratory work (DNA isolation, PCR, electrophoresis, plant handling) and analyzed the data; MSB designed primers, developed marker, analyzed sequencing data; PAS and VMK handled plants; OGS, GIK, PNK, MGD developed and designed experiments, managed the research. All authors read and approved the final manuscript.

Article history:

Received: 27 December 2019. Accepted: 13 January 2020

For citation:

Razumova OV, Bazhenov MS, Nikitina EA, Nazarova LA, Romanov DV, Chernook AG, Sokolov PA, Kuznetsova VM, Semenov OG, Karlov GI, Kharchenko PN, Divashuk MG. Molecular analysis of gibberellin receptor gene *GID1* in *Dasyphyrum villosum* and development of DNA marker for its identification. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):62–85. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-62-85

Молекулярный анализ гена *GID1* у *Dasyphyrum villosum* и создание ДНК-маркера для его идентификации

О.В. Разумова^{1, 2}, М.С. Баженов¹, Е.А. Никитина¹, Л.А. Назарова¹,
Д.В. Романов¹, А.Г. Черноок¹, П.А. Соколов³, В.М. Кузнецова¹,
О.Г. Семенов⁴, Г.И. Карлов^{1, 3}, П.Н. Харченко¹, М.Г. Дивашук^{1, 3*}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии,
г. Москва, Российская Федерация

²Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,
г. Москва, Российская Федерация

³Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева,
г. Москва, Российская Федерация

⁴Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
*divashuk@gmail.com

Аннотация. *Dasyphyrum villosum* (VV) — однолетний злак, зарекомендовавший себя в качестве донора хозяйственно-ценных признаков для пшеницы. Один из важнейших показателей, на который направлена селекция, — урожайность, являющаяся сложным, комплексным признаком. На его формирование влияет множество различных факторов. Большую роль в росте урожайности злаковых культур сыграли гены, регулирующие физиологический ответ растений на гиббереллины, одним из которых стал ген *Gid1*, являющийся рецептором активных форм этих фитогормонов. Приведено сравнение частичных ДНК-последовательностей гена *Gid1*, секвенированных у двух образцов *Dasyphyrum villosum*. Используя последовательности пшеницы и ржи, взятые из базы данных GenBank (NCBI), подобрали праймеры на участки разных геномов (субгеномы А, В и D пшеницы и геном R ржи) и провели полимеразную цепную реакцию на образцах дазипирума мохнатого различного происхождения. Полученный ПЦР-продукт был секвенирован методом NGS. На основе секвенированных нуклеотидных последовательностей создан ДНК-маркер, позволяющий дифференцировать данные гены генома V и гомологичные гены пшеничного

происхождения. С использованием моносомно-дополненных, замещенных и транслоцированных линий пшеницы впервые установлена локализация гена *Gid1* на хромосомах *Dasypyrum villosum*. Показано расположение данного гена на длинном плече первой хромосомы генома V (1VL). Проведена фенотипическая оценка линий мягкой пшеницы, имеющих в своем кариотипе замещенные, транслоцированные или дополненные хромосомы *Dasypyrum villosum*.

Ключевые слова: дазипирум мохнатый, *Dasypyrum villosum*, отдаленная гибридизация, *Gid1*, рецептор, гиббереллиновая кислота

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания № 0574–2019–0001.

Информация о вкладе каждого автора: О.В. Разумова — написание текста статьи, Е.А. Никитина, Л.А. Назарова, Д.В. Романов, А.Г. Черноок — выделение ДНК, постановка ПЦР, электрофорезов, уход за растениями, анализ результатов, М.С. Баженов — дизайн праймеров, разработка маркера, анализ данных секвенирования, П.А. Соколов, В.М. Кузнецова — уход за растениями, О.Г. Семенов, Г.И. Карлов, П.Н. Харченко, М.Г. Дивашук — разработка и дизайн эксперимента, общее руководство исследованием, подготовка статьи. Все авторы — итоговая корректировка рукописи.

История статьи:

Поступила в редакцию: 27 декабря 2019 г. Принята к публикации: 13 января 2020 г.

Для цитирования:

Разумова О.В., Баженов М.С., Никитина Е.А., Назарова Л.А., Романов Д.В., Черноок А.Г., Соколов П.А., Кузнецова В.М., Семенов О.Г., Карлов Г.И., Харченко П.Н., Дивашук М.Г. Молекулярный анализ гена *GID1* у *Dasypyrum villosum* и создание ДНК-маркера для его идентификации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С. 62–85. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-62-85

Introduction

Common wheat (*Triticum aestivum* $2n = 6x = 42$) is one of the world's major crops. According to the FAO¹, in 2019, world wheat production was estimated at 766 million tons, which was a record high. However, considering the need to provide products for the growing population, wheat productivity should have been increased by 4 to 76% by 2050, according to various forecasts [1]. It is the increase in productivity, and not the expansion of sown areas, that is recognized as the optimal strategy for ensuring food security worldwide. One way to increase productivity is to use wild varieties to transmit valuable agronomic genes to elite crops. *Dasypyrum villosum* ($2n = 2x = 14$, VV) is an annual cereal of Triticeae family, it grows in mid-sea region, southwestern Asia and Russia. Species of *Dasypyrum* genus have approved themselves as a reliable source of resistance genes to biotic [2, 3] and abiotic [4] stress. As a rule, gene transfer from *Dasypyrum* to common wheat occurs through the use of lines with substituted or translocated chromosomes [5–7]; this method has been widely used from the end of the last century to the present day [8–12].

The influence of short-stem genes on wheat productivity has been shown in a number of studies [13, 14]. Moreover, one of the key factors behind the so-called 'green revolution' in agriculture was creation of dwarf wheat varieties using *Rht* (*Reduced height*) dwarfing genes [15, 16]. In addition to reducing yield losses due to lodging resistance, dwarfing

¹ Cereal production in the world can reach a record level in 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> [Accessed 17 December 2019]

genes contribute to increased productivity due to better redistribution of assimilates in favor of spike and reduced sprouting due to impaired synthesis of gibberellins or sensitivity to these phytohormones, which play a key role in a wide range of plant growth and development processes, including of fruit and seed formation [17]. Low plant height can be achieved in different ways; however, one of the key factors is a complex interaction of DELLA proteins with other proteins and gibberellins. The *Gid1* gene (Gibberellin Insensitive Dwarf 1) encodes a protein that is a receptor for gibberellins. Active forms of gibberellins, joining the GID1 receptor, changes its conformation so that it acquires ability to bind to DELLA proteins. By binding to GID1, DELLA proteins are modified by ubiquitin and destroyed by proteasome, which promotes plant growth. Absence of binding, for any reason, leads to accumulation of DELLA proteins and loss of plant sensitivity to gibberellic acid [17, 18]. Thus, in order to reduce plant growth by altering the components of the gibberellin-GID1-DELLA system, it is necessary to increase stability of DELLA proteins. One of the possible ways to achieve this goal is to influence the *Gid1* gene to reduce DELLA binding capabilities, which demonstrates the need for a deeper study of allelic variants of these genes in wheat and its wild varieties.

The aim of our work was sequencing of the *Gid1* gene sequences affecting plant height in two *Dasypyrum villosum* accessions, determining its localization on chromosomes and creating a DNA marker for differentiation of wheat genes and *D. villosum* genes.

Materials and methods

The *Gid1* gene was sequenced using two accessions of *Dasypyrum villosum* obtained from the collection of the Western Regional Plant Introduction Station, Washington State University (W621717, PI 598390). To map genes onto chromosomes, we used a series of monosomic, addition substitution, and translocation lines of common wheat cv. Chinese spring obtained from Nanjing Agricultural University (NAU), as well as kindly provided by Dr. W. Jon Raupp of Wheat Genetics Resource Center Kansas Wheat Innovation Center, Kansas State University (KSU) and Adam J. Lukaszewski (AJL), Professor of Genetics Dept. of Botany & Plant Sciences University of California (Table 1).

Table 1

Studied wheat lines with *Dasypyrum villosum* genetic material

Accession number	Aberration	Chromosome	Chromosome source	Origin	Author
7677	addition	1V#3	Sicilian	KSU	AJL
7679	addition	3V#3	Sicilian	KSU	AJL
7680	addition	4V#3	Sicilian	KSU	AJL
7681	addition	5V#3	Sicilian	KSU	AJL
7682	addition	6V#3	Sicilian	KSU	AJL
7683	addition	7V#3	Sicilian	KSU	AJL
7509	addition	1V#1	Italian	KSU	Sears
7510	addition	2V#1	Greek	KSU	Sears
7511	addition	4V#1	Greek	KSU	Sears
7512	addition	5V#1	Greek	KSU	Sears

Continuation table 1

Accession number	Aberration	Chromosome	Chromosome source	Origin	Author
7513	addition	6V#1	Italian	KSU	Sears
7514	addition	7V#1	Italian	KSU	Sears
3891/89	substitution	1V(1A)	Italian	AJL	AJL
86/11	substitution	3V(3B)	Sicilian	AJL	AJL
1360/07	substitution	3V(3D)	Sicilian	AJL	AJL
2333/89	substitution	5V(5D)	Sicilian	AJL	AJL
1411/94	substitution	6V(6B)	Sicilian	AJL	AJL
1415/94	substitution	6V(6A)	Sicilian	AJL	AJL
3889/89	substitution	7V(7A)	Italian	AJL	AJL
6661	substitution	6V#2 [6A CS]	Chinese	KSU	NAU
5585	translocation	T6AL·6V#2S T2AS·2AL-2R#3L	Chinese	KSU	NAU
5594	translocation	T4DS·4V#3L	Sicilian	KSU	KSU
5595	translocation	T4DL·4V#3S	Sicilian	KSU	KSU
5615	translocation	T1DS·1V#3L	Sicilian	KSU	KSU
5616	translocation	T1DL·1V#3S	Sicilian	KSU	KSU
5634	translocation	T2BS·2V#3L	Sicilian	KSU	KSU
5636	translocation	T3DL·3V#3S	Sicilian	KSU	KSU
5637	translocation	T3DS·3V#3L	Sicilian	KSU	KSU
5638	translocation	T5DL·5V#3S	Sicilian	KSU	KSU
5639	translocation	T7DL·7V#3S	Sicilian	KSU	KSU
5640	translocation	T7DS·7V#3L	Sicilian	KSU	KSU
1438/94	translocation	6BS·6VL	Sicilian	AJL	AJL
3214/96	translocation	6AS·6VL	Un know	AJL	AJL
853/11	translocation	3V·3BL+3B	Sicilian	AJL	AJL

Part of the samples with genetic material of *D. villosum* was grown in the greenhouse of Center for Molecular Biotechnology of Russian Timiryazev State Agrarian University for preliminary assessment of phenotypic effects. Plants were evaluated for such traits as height of the main stem, length of the main spike, tillering and resistance to powdery mildew. Statistical data processing was carried out using Microsoft Excel analysis package, the calculations were performed using the ready-made functions included in the analysis package.

DNA was isolated according the CTAB method [19] from young lyophilized dried leaves. Primers were selected in the Primer BLAST NCBI program. The PCR mixture consisted of the following components (concentration of the components in the final mixture): 1 × LR buffer (pH = 9.3), 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM of each dNTP, 2 μM of each primer, 0.04 units/μl LR Plus polymerase, 0.02 units/μl Taq polymerase, 4 ng/μl template DNA. The volume of the PCR mixture was 25 μl. PCR was performed under the following temperature conditions: 94 °C — 5 min; 36 cycles 94 °C — 30 sec, 58 °C — 30 sec, 72 °C — 2 min; 72 °C — 5 min.

The resulting PCR products were analyzed by electrophoresis on a 1.5% agarose gel with TBE buffer supplemented with ethidium bromide. Electrophoregrams were visualized in ultraviolet light using a gel documentation system.

PCR products obtained using *D. villosum* DNA were transferred for NGS sequencing after checking their quality by electrophoresis. Sequencing using Illumina technology was performed at Genomed Company. DNA libraries were prepared using the Swift 2S™ Turbo DNA Library Kit. During preparation of the DNA library, PCR products obtained from different samples of *D. villosum* were labeled with individual barcodes. Sequencing was performed on a MiSeq System. After reading barcodes, the sequencing results were obtained for each sample separately.

Quality of the sequencing results was evaluated using FastQC software. The contigs were compiled from paired-end reads using SPAdes 3.13.0 software package [20]. To identify polymorphisms present in heterozygous state, the obtained contig sequences were used to map the initial reads on them using SNAP program [21]. Freebayes software (Garrison, 2012) was used to detect single nucleotide polymorphisms and small insertions and deletions. Identified polymorphisms were introduced into the gene sequence using Bcftools (<https://github.com/samtools/bcftools>), and thus an alternative sequence for each contig was obtained. Alignment of the obtained contigs of the *Dasyphyrum villosum* *Gid1* gene to the sequence of the common wheat homolog genes was carried out in GeneDocv2.7 program [22].

To identify *Gid1* of *Dasyphyrum villosum* in wheat background, we selected primers (DvGid1–1F: AGGTCAACCGCAACGAGTGC and DvGid1–1R: CCAATCCCACCGTCTCGAGCGTA) for gene regions that were the same in different *D. villosum* samples but differ from the gene sequences in wheat.

Conditions for amplification of DvGid1. The PCR mixture consisted of the following components (concentration of the components in the final mixture): 1x Taq buffer (pH = 8.6), 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM each dNTP, 2 μM each primer, 0.4 units/μl Taq polymerase, 4 ng/μl matrix DNA. The volume of the PCR mixture was 25 μl. PCR was carried out under the following temperature conditions: 94 °C — 5 min; 36 cycles 94 °C — 30 sec, 60 °C — 30 sec, 72 °C — 1 min; 72 °C for 10 min. The resulting PCR products were analyzed by electrophoresis in a 1.5% agarose gel with TBE buffer supplemented with ethidium bromide. Electrophoregrams were visualized in ultraviolet light using a gel documentation system.

Results and Discussion

Sequencing of the Dasyphyrum villosum Gid1 gene. At first, the mRNA sequence of the wheat *Gid1* gene (GenBank FR668558) was used to search for this gene in the IWGSCRefSeqv1.0 wheat genome using BLAST². The greatest homology to this sequence was shown by the wheat genes *TraesCS1B02G265900*, *TraesCS1D02G254500*, *TraesCS1A02G255100* related to chromosomes 1B, 1D and 1A, respectively. In EnsemblPlants database, these genes are annotated as encoding the GID1 protein. The genomic sequences of these three genes were exported from the assembly of the wheat genome using a genomic browser³. The sequence of the rye *Gid1* gene was found using BLAST in one of the contigs (FKKI010039294, Lo7_v2_contig_60281) of the Lo7 rye genome related to chromosome 1R⁴.

² BLAST. Available from: <https://wheat-urgi.versailles.inra.fr/Seq-Repository/BLAST>. [Accessed 17 December 2019]

³ Available from: https://urgi.versailles.inra.fr/jbrowseiwgsc/gmod_jbrowse [Accessed 17 December 2019]

⁴ Available from: <https://webblasVol.ipk-gatersleben.de/ryeselect> [Accessed 17 December 2019]

Genome-specific primers and primers for conserved regions of the gene were selected using Primer-BLAST (NCBI)⁵. Selected primers are given in Table 2.

These primers were used to amplify the *Gid1* gene on DNA of *Dasypyrum villosum* W621717 (accession 1), PI 598390 (accession 2). PCR with primers for common wheat subgenome B and for the rye genome gave positive results.

Table 2

Primers for amplification of *Gid1* homolog genes, selected based on wheat and rye sequences

A pair of primers (5'->3')	Tm	The expected size of the product, bp
GID1-B-F: CCGAGACCGTCCAAAACAATAAAC GID1-B-R: ATCATCAGACAGACAGACGGACA	60	2503
GID1-R-F: CATCCAAGACCGTCCAAAACAAT GID1-R-R: GGCAAACACATGGATGGATACAG	60	2576

Next, the PCR products were sequenced according NGS method and subjected to bioinformatics processing. As a result, we obtained nucleotide sequences of the two *D. villosum* accessions of different origin, which were compared with each other, as well as with the nucleotide sequences of wheat from the database (Fig. 1).



Fig. 1. A part of alignment of the sequences sequence of the *Dasypyrum villosum Gid1* gene

As a result of alignment, a high degree of homology between the studied sequences was revealed, however, differences were observed in some regions (mainly single and double nucleotide substitutions), which allowed us to develop a marker able to determine the presence of the *Dasypyrum Gid1* gene in a wheat background.

Marker development. The revealed differences between the nucleotide sequences of the *D. villosum Gid1* gene and common wheat homolog allowed the development of the pair of primers (DvGid1–1F: AGGTCAACCGCAACGAGTGC and DVGid1–1R: CCAATCCCACCGTCTCGAGCGTA), allowing specific amplification of the *Dasypyrum villosum Gid1* gene fragment and not producing a PCR product from wheat DNA (Fig. 2).

⁵ Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast> [Accessed 17 December 2019]

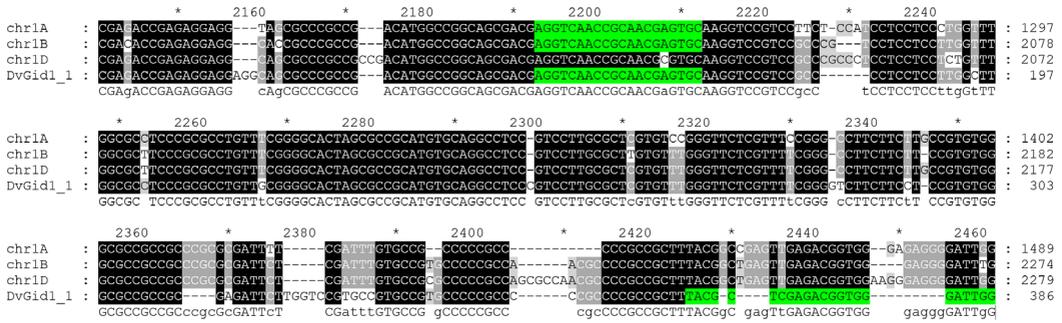


Fig. 2. Alignment of the partial sequences of the *Gid1* gene for common wheat (chr1A, chr1B chr1D) and *D. villosum* (*DvGid1*, obtained in the study). Specific primers for detecting the *DvGid1* gene are marked in green

Using these primers, a 280 bp region was amplified from the *D.villosum* DNA samples, while the marker fragment was not amplified from the wheat DNA of various varieties (Fig. 3). This marker can further be used to track the transmission of *Dasypyrum* genetic material in breeding of common wheat.



Fig. 3. Electrophoresis of the PCR products obtained using primers *DvGid1*–1F and *DvGid1*–1R. Wheat cultivars: 1 – Lebed; 2 – Pamyat; 3 –Etnos; *Dasypyrum* lines: 4–21717; 5–598390; 6–470279

Mapping of the Gid1 gene on Dasypyrum villosum chromosomes. To map the *DvGid1* gene on chromosomes, we used a collection of common wheat lines carrying added, substituted, and translocated *D. villosum* chromosomes. DNA lines with various additions were used for PCR with the developed marker *Dv-Gid1*F/R. As a result, the marker was amplified only in accessions 7677 (1V#3), 3891/89 (1V(1A)), 3896/89 (1V(1D)), 5615 (T1DS•1V#3L), bearing the first chromosome of the *Dasypyrum* V genome; amplification was absent in the rest of accessions (Fig. 4).

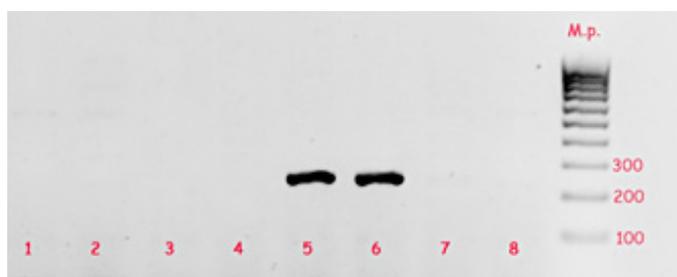


Fig. 4. M.p. – 100+ bp ladder. Monosomal additional Lines *D. villosum*: 1–2 – № 7513; 3–4 – № 6661; 5–6 – № 5615; 7–8 – № 5595

As a result of PCR using the DNA of translocated lines 5615 (T1DS•1V#3L) and 5616 (T1DS•1V#3S) carrying in their genomes only the long or short arms of the first chromosome of *D. villosum*, respectively, amplification was observed only for the line 5615 (T1DS•1V#3L). Thus, we can conclude that the *DvGid1* gene is located on the long arm of the first chromosome, and collinear to common wheat genes, also located in the long arm of the chromosomes of the first homeologic group.

Phenotypic expression of the DvGid1 gene of Dasypyrum in a wheat background. For preliminary assessment of effect of the *Dasypyrum DvGid1* gene on growth and development of wheat, we carried out a phenotypic assessment of lines with substitutions, additions, and translocations (Tables 3, 4). Plants were grown in a greenhouse without vernalization. Due to the fact that the *Gid1* gene plays one of the key roles in response to gibberellin, we first evaluated length of the main stem, tillering, and length of the spike. Plant height varied greatly, differing almost twice between individual accessions (from 56 cm in accession 5639 with translocation T7DL•7V#3S to 113 cm in sample 5595 with translocation T4DL•4V#3S). The number of tillers per plant ranged from 1 to 4, and, apparently, was not associated with presence of the *DvGid1* gene. The spike length was within 4...7 cm, while size of the main spike and side spikes of the same plant practically did not differ from each other (Tables 3, 4).

Table 3

Phenotypic assessment of the alien chromosome addition wheat lines

Chromosome	Number	Average length of main stem	Average length of main spike	Average total number of tillers	DvGid1
1V#3	7677	65.66 ± 2.60	4.00 ± 0.29	1.44 ± 0.29	Yes
3V#3	7679	73.29 ± 4.88	3.43 ± 0.30	1.50 ± 0.29	–
4V#3	7680	84.86 ± 2.61	5.71 ± 0.61	1.71 ± 0.29	–
5V#3	7681	58.38 ± 6.55	6.25 ± 0.62	2.13 ± 0.40	–
6V#1	7513	105.50 ± 2.50	7.00 ± 0.00	3.00 ± 1.00	–
7V#1	7514	87.00 ± 12.00	5.50 ± 0.50	3.50 ± 1.50	–

To grow the studied lines, we used either original seeds or seeds verified using molecular markers in previous studies [24]. However, during molecular analysis of individual plants of 7677 line (1V#3), bearing additional 1V chromosome, it was found that a specific marker was not amplified on some plants. Thus, we can say that there is no added chromosome 1V in the studied plants. A similar loss of added chromosomes is a relatively common occurrence. And our results once again emphasize importance of using molecular markers to verify plant material studied.

Table 4

Phenotypic assessment of substitution and translocation wheat lines

Aberration	Chromosome	Number	Average length of main stem	Average length of main spike	Average total stooling	DvGid1
substitution	1V(1A)	3891/89	89.30 ± 0.66	5.00 ± 0.00	3.33 ± 0.66	Yes
substitution	3V(3B)	86/11	68.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	–
substitution	3V(3D)	1360/07	96.00 ± 0.00	4.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	–
substitution	5V(5D)	2333/89	87.66 ± 9.60	7.50 ± 0.29	3.00 ± 0.58	–
substitution	6V(6A)	1415/94	88.33 ± 8.95	5.00 ± 0.58	2.67 ± 0.33	–
substitution	7V(7A)	3889/89	91.00 ± 5.00	5.00 ± 0.00	2.50 ± 0.50	–
substitution	6V#2 [6A CS]	6661	63.30 ± 7.84	6.50 ± 1.26	1.67 ± 0.66	–
translocation	T4DS·4V#3L	5594	78.00 ± 7.00	6.00 ± 0.58	4.00 ± 1.33	–
translocation	T4DL·4V#3S	5595	113.00 ± 1.00	8.00 ± 1.00	3.50 ± 0.50	–
translocation	T1DS·1V#3L	5615	103.00 ± 0.00	6.00 ± 1.00	4.00 ± 1.00	Yes
translocation	T1DL·1V#3S	5616	84.66 ± 4.51	5.00 ± 0.29	3.33 ± 0.88	–
translocation	T2BS·2V#3L	5634	64.00 ± 2.00	6.33 ± 0.33	2.67 ± 0.88	–
translocation	T3DL·3V#3S	5636	97.66 ± 6.36	5.50 ± 0.28	3.00 ± 0.58	–
translocation	T3DS·3V#3L	5637	76.00 ± 5.30	3.50 ± 0.76	1.33 ± 0.33	–
translocation	T5DL·5V#3S	5638	94.00 ± 4.50	6.00 ± 0.57	3.00 ± 0.58	–
translocation	T7DL·7V#3S	5639	56.00 ± 7.00	4.50 ± 0.50	1.00 ± 0.00	–
translocation	T7DS·7V#3L	5640	67.00 ± 0.00	7.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	–
translocation	6BS·6VL	1438/94	86.33 ± 3.66	5.83 ± 0.60	2.00 ± 0.00	–
translocation	6AS·6VL	3214/96	95.00 ± 3.51	5.00 ± 0.00	1.67 ± 0.66	–
translocation	3V·3BL+3B	853/11	91.50 ± 1.50	7.00 ± 1.00	3.50 ± 0.50	–

Since the *DvGid1* gene was mapped on the long arm of chromosome 1V, special attention should be paid to comparing the accessions 5615 (T1DS•1V#3L) and 5616 (T1DL•1V#3S). Both accessions provided by Dr. W. Jon Raupp (Center KSU) carry the same translocated chromosome from *D. villosum* genome of Sicilian origin. However, the first accession has the T1DS•1V#3L translocation in the karyotype, i.e. long arm of the first chromosome carrying the studied gene, and the second — T1DL•1V#3S, i.e. short arm of the same chromosome, but without this gene. Otherwise, these accessions are as genetically similar as possible. But at the phenotype level, certain differences were observed. In the presence of the *DvGid1* gene, plant height reached 103 cm, which was almost the maximum height among the studied lines. The exception was the accession 5595 (T4DL•4V#3S), the plants of which were even higher. But it should be considered that the genes encoding DELLA proteins, which interact with the *Gid1* proteins and have a significant effect on height, are located in the fourth homeologic group. In the absence of the *DvGid1*–5616 gene (T1DL•1V#3S), plant height was at the average level (83 cm) of the rest lines with different introgressions of *D. villosum* (Table 4).

The data obtained are consistent with the mechanism of the *GID1* protein action and indirectly show us the presence of this protein in substitution/translocation lines, while no significant differences were noted in the genome of the addition lines. Of one of wheat chromosomes is likely to promote the involvement of the alien genes in the processes of protein synthesis followed by subsequent influence of these proteins on plant growth and development. It appears from this study, that substitution and translocation lines in general are more preferable for studying the influence of the individual alien genes, compared with lines bearing the balanced genome and added chromosomes of distant varieties, at least when it comes to initially multichromosomal allopolyploid crops, with large genomes such as common wheat.

Conclusions

As a result of the study, unique nucleotide sequences of the *Gid1* gene of two *D. villosum* accessions of different origin were first obtained. Comparison with homologous genes of common wheat allowed us to develop a genome-specific marker, *Dv-Gid-1F/R*, which effectively distinguished the *DvGid1* *Dasypyrum* gene in a wheat background. Localization of the *DvGid1* gene on the long arm of chromosome 1V was shown. A preliminary assessment of the phenotypic expression of this gene in a wheat genome background was carried out and a significant effect of the studied gene on plant height was revealed. It was shown that lines carrying a substitution or translocation in the genome were more preferable for such studies, compared with monosomic addition lines.

Введение

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* 2n = 6x = 42) — одна из основных мировых зерновых культур. По данным ФАО⁶ в 2019 г. мировое производство пшеницы

⁶ В 2019 году производство зерновых в мире может достичь рекордного уровня // Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Режим доступа: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> Дата обращения: 17.12.2019

предполагалось на уровне 766 млн. т, что является рекордным показателем. Однако, с учетом необходимости обеспечения продуктами постоянно растущего населения планеты, к 2050 г. урожайность пшеницы необходимо увеличить, по разным прогнозам, на 4 до 76% [1]. Именно повышение урожайности, а не расширение площадей посевов признано оптимальной стратегией обеспечения продовольственной безопасности во всем мире. Одним из путей повышения урожайности является использование дикорастущих сородичей для передачи хозяйственно-ценных генов. *Dasyphyrum villosum* ($2n = 2x = 14, VV$) однолетний злак трибы Triticeae, в природе встречающийся в районе Средиземноморья, юго-западной части Азии и России. Виды рода *Dasyphyrum* зарекомендовали себя как надежный источник генов устойчивости к биотическим [2, 3] и абиотическим [4] стрессам. Как правило, перенос генов от дазипирумов в геном мягкой пшеницы происходит путем использования линий с замещенными или транслоцированными хромосомами [5–7], этот способ широко применяется с конца прошлого века до наших дней [8–12].

Влияние генов короткостебельности на урожайность пшеницы было показано в ряде исследований [13, 14]. Более того, одним из ключевых факторов, обусловивших так называемую «зеленую революцию» в сельском хозяйстве, стало создание низкорослых сортов пшеницы с использованием генов карликовости *Rht* (от английского — Reduced height — уменьшенная высота) [15, 16]. Помимо косвенного влияния через снижение потерь урожая в следствие меньшей полегаемости, гены карликовости способствуют повышению продуктивности за счет лучшего перераспределения ассимилятов в пользу колоса и уменьшения прорастания на корню вследствие нарушения синтеза гибберелинов или чувствительности к этим фитогормонам, играющим ключевую роль в широком спектре процессов роста и развития растения, включая образование плодов и семян [17]. Низкая высота растений может достигаться разными путями, однако одними из ключевых факторов являются сложные взаимодействия белков DELLA с другими белками и гиббереллинами. Ген *Gid1* (*Gibberellin Insensitive Dwarf 1* — Гиббереллин Нечувствительный Карлик) кодирует белок, являющийся рецептором гибберелинов. Активные формы гибберелинов, присоединяясь к рецептору GID1, меняют его конформацию таким образом, что он приобретает способность связываться с белками DELLA. Связываясь с GID1, белки DELLA модифицируются убиквитином и разрушаются протеасомой, что способствует росту растения. Отсутствие связывания по какой-либо причине приводит к накоплению белков DELLA и потере чувствительности растений к гиббереллиновой кислоте [17, 18]. Таким образом, чтобы уменьшить рост растения путем изменения компонентов системы гиббереллин-GID1-DELLA, необходимо увеличивать стабильность белков DELLA. Один из возможных путей решения данной задачи — влияние на ген *Gid1* для уменьшения возможностей связывания DELLA, что демонстрирует необходимость более глубокого изучения аллельных вариантов данных генов у пшеницы и ее дикорастущих сородичей.

Целью нашей работы стало секвенирование последовательностей гена GID1, оказывающего влияние на высоту растения, у двух образцов *Dasyphyrum villosum*, определение его локализации на хромосомах и создание ДНК-маркера для дифференциации генов пшеницы и генов *D. villosum*.

Материалы и методы исследования

Материалом для секвенирования гена *Gid1* послужили два образца *Dasyphyrum villosum*, полученных из коллекции Западной региональной станции интродукции растений Университета штата Вашингтон, США (Western Regional Plant Introduction Station, Washington State University) — (W6 21717, PI 598390). Для картирования генов на хромосомы использовали серию моносомно-дополненных, замещенных и транслоцированных линий мягкой пшеницы сорта Chinese spring, полученных из Нанкинского сельскохозяйственного университета (Nanjing Agricultural University (NAU)), а также любезно предоставленных Dr. W. Jon Raupp из Wheat Genetics Resource Center Kansas Wheat Innovation Center, Университет штата Канзас (Kansas State University (KSU)) и Adam J. Lukaszewski (AJL), Professor of Genetics Dept. of Botany & Plant Sciences University of California (Университет Калифорнии) (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемые линии пшеницы с генетическим материалом *Dasyphyrum villosum*

Номер	Перестройка	Хромосома	Источник хромосомы	Происхождение	Автор
7677	Дополнение	1V#3	Сицилийский	KSU	AJL
7679	Дополнение	3V#3	Сицилийский	KSU	AJL
7680	Дополнение	4V#3	Сицилийский	KSU	AJL
7681	Дополнение	5V#3	Сицилийский	KSU	AJL
7682	Дополнение	6V#3	Сицилийский	KSU	AJL
7683	Дополнение	7V#3	Сицилийский	KSU	AJL
7509	Дополнение	1V#1	Итальянский	KSU	Sears
7510	Дополнение	2V#1	Греческий	KSU	Sears
7511	Дополнение	4V#1	Греческий	KSU	Sears
7512	Дополнение	5V#1	Греческий	KSU	Sears
7513	Дополнение	6V#1	Итальянский	KSU	Sears
7514	Дополнение	7V#1	Итальянский	KSU	Sears
3891/89	Замещение	1V(1A)	Итальянский	AJL	AJL
86/11	Замещение	3V(3B)	Сицилийский	AJL	AJL
1360/07	Замещение	3V(3D)	Сицилийский	AJL	AJL
2333/89	Замещение	5V(5D)	Сицилийский	AJL	AJL
1411/94	Замещение	6V(6B)	Сицилийский	AJL	AJL
1415/94	Замещение	6V(6A)	Сицилийский	AJL	AJL
3889/89	Замещение	7V(7A)	Итальянский	AJL	AJL
6661	Замещение	6V#2 [6A CS]	Китайский	KSU	NAU
5585	Транслокация	T6AL·6V#2S T2AS.2AL-2R#3L	Китайский	KSU	NAU
5594	Транслокация	T4DS·4V#3L	Сицилийский	KSU	KSU
5595	Транслокация	T4DL·4V#3S	Сицилийский	KSU	KSU
5615	Транслокация	T1DS·1V#3L	Сицилийский	KSU	KSU

Окончание таблицы 1

Номер	Перестройка	Хромосома	Источник хромосомы	Происхождение	Автор
5616	Транслокация	T1DL·1V#3S	Сицилийский	KSU	KSU
5634	Транслокация	T2BS·2V#3L	Сицилийский	KSU	KSU
5636	Транслокация	T3DL·3V#3S	Сицилийский	KSU	KSU
5637	Транслокация	T3DS·3V#3L	Сицилийский	KSU	KSU
5638	Транслокация	T5DL·5V#3S	Сицилийский	KSU	KSU
5639	Транслокация	T7DL·7V#3S	Сицилийский	KSU	KSU
5640	Транслокация	T7DS·7V#3L	Сицилийский	KSU	KSU
1438/94	Транслокация	6BS.6VL	Сицилийский	AJL	AJL
3214/96	Транслокация	6AS.6VL	Неизвестно	AJL	AJL
853/11	Транслокация	3V.3BL+3B	Сицилийский	AJL	AJL

Часть номеров с генетическим материалом *D. villosum* для предварительной оценки фенотипических эффектов выращивали в оранжерее Центра молекулярной биотехнологии РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева. Растения оценивали по таким показателям, как высота главного стебля, длина главного колоса, кустистость и устойчивость к мучнистой росе. Статистическая обработка данных проводилась с функций пакета анализа Microsoft Excel, вычисления проводились с помощью готовых функций, входящих в пакет анализа.

ДНК выделяли СТАВ-методом [19], из молодых лиофильно высушенных листьев. Праймеры подбирали в программе PrimerBLAST NCBI. ПЦР-смесь состояла из следующих компонентов (даны концентрации компонентов в конечной смеси): 1 × LR буфер (pH = 9,3), 1,5 mM MgCl₂, 0,2 mM каждого dNTP, 2 мкМ каждого праймера, 0,04 ед./мкл LR Plus полимеразы, 0,02 ед./мкл Taq полимеразы, 4 нг/мкл матричной ДНК. Объем ПЦР-смеси составлял 25 мкл. ПЦР проводилась при следующих температурных условиях: 94 °C — 5 мин; 36 циклов 94 °C — 30 с, 58 °C — 30 с, 72 °C — 2 мин; 72 °C — 5 мин.

Полученные ПЦР-продукты анализировали путем электрофореза в 1,5% агарозном геле с буфером TBE с добавлением бромистого этидия. Визуализация электрофореграмм проводилась в ультрафиолетовом свете с использованием системы гель-документирования.

ПЦР-продукты, полученные с использованием ДНК *D. villosum*, после проверки их качества на электрофорезе передавались для NGS-секвенирования. Секвенирование по технологии Illumina было проведено в ООО «Геномед». ДНК-библиотеки готовили с помощью набора реактивов Swift 2S™ Turbo DNA Library Kits. В процессе подготовки ДНК-библиотеки ПЦР-продукты, полученные от разных образцов *D. villosum*, метили индивидуальными баркодами. Секвенирование проводили на приборе MiSeq. После разделения прочтений по баркодам результаты секвенирования были получены по каждому образцу в отдельности.

Качество результатов секвенирования было оценено с использованием программы FastQC. Контиги были собраны из парных прочтений с помощью пакета программ SPAdes 3.13.0 [20]. Для выявления полиморфизмов, присутствующих

в гетерозиготном состоянии, полученные последовательности контигов использовали для картирования на них исходных прочтений с помощью программы SNAP [21]. Для детекции однонуклеотидных полиморфизмов и небольших инсерций и делеций использовали программу Freebayes (Garrison, 2012). Выявленные полиморфизмы были внесены в последовательность гена с помощью Bcftools (<https://github.com/samtools/bcftools>), и таким образом получена альтернативная последовательность каждого контига. Выравнивание полученных контигов гена *Gid1 Dasyphyrum villosum* на последовательности генов-гомологов *Gid1* мягкой пшеницы осуществляли в программе GeneDoc v2.7 [22].

Для выявления *Gid1 Dasyphyrum villosum* в окружении генома мягкой пшеницы мы подобрали праймеры (DvGid1–1F: AGGTCAACCGCAACGAGTGC и DvGid1–1R: CCAATCCACCGTCTCGAGCGTA) на регионы гена, одинаковые у разных образцов *D. villosum*, но отличающиеся от последовательностей генов-гомологов у пшеницы.

Условия для амплификации DvGid1. ПЦР-смесь состояла из следующих компонентов (даны концентрации компонентов в конечной смеси): 1x Taq буфер (pH = 8,6), 1,5 mM MgCl₂, 0,2 mM каждого dNTP, 2 мкМ каждого праймера, 0,4 ед./мкл Taq полимеразы, 4 нг/мкл матричной ДНК. Объем ПЦР-смеси составлял 25 мкл. ПЦР проводилась при следующих температурных условиях: 94 °C — 5 мин; 36 циклов 94 °C — 30 с, 60 °C — 30 с, 72 °C — 1 мин; 72 °C — 10 мин. Полученные ПЦР-продукты анализировались путем электрофореза в 1,5% агарозном геле с буфером TBE с добавлением бромистого этидия. Визуализацию электрофореграмм проводили в ультрафиолетовом свете с использованием системы гель-документирования.

Результаты и обсуждение

Секвенирование последовательностей гена Gid1 Dasyphyrum villosum. На первом этапе работы последовательность мРНК гена *Gid1* пшеницы (GenBank FR668558) использовали для поиска данного гена в сборке генома пшеницы IWGSC RefSeq v1.0 с помощью BLAST⁷. Наибольшую гомологию к данной последовательности показали гены пшеницы TraesCS1B02G265900, TraesCS1D02G254500, TraesCS1A02G255100, относящиеся к хромосомам 1B, 1D и 1A соответственно. В базе данных EnsemblPlants эти гены аннотированы как кодирующие белок GID1. Геномные последовательности данных трех генов были экспортированы из сборки генома пшеницы с помощью геномного браузера⁸. Последовательность гена GID1 ржи была найдена с помощью BLAST в одном из контигов (FKKI010039294, Lo7_v2_contig_60281) генома ржи Lo7, относящегося к хромосоме 1R⁹.

Геном-специфичные праймеры и праймеры на консервативные участки гена подбирали с помощью PrimerBLAST NCBI¹⁰. Подобранные праймеры приведены в табл. 2.

Данные праймеры использовали для амплификации гена *Gid1* на ДНК образцов *Dasyphyrum villosum* W621717 (образец 1), PI 598390 (образец 2). Положительный результат дала ПЦР с праймерами для субгенома В мягкой пшеницы и для генома ржи.

⁷ BLAST. Режим доступа: <https://wheat-urgi.versailles.inra.fr/Seq-Repository/BLAST>. Дата обращения: 17.12.2019

⁸ Режим доступа: https://urgi.versailles.inra.fr/jbrowseiwgsc/gmod_jbrowse Дата обращения: 17.12.2019

⁹ Режим доступа: <https://webblasVol.ipk-gatersleben.de/ryeselect> Дата обращения: 17.12.2019

¹⁰ Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast> Дата обращения: 17.12.2019

Таблица 2

Праймеры для амплификации генов-гомологов *GID1*, подобранные на основе последовательностей пшеницы и ржи

Пара праймеров (5'->3')	Tm	Ожидаемый размер продукта, п. н.
GID1-B-F: CCGAGACCGTCCAAAACAATAAAC GID1-B-R: ATCATCAGACAGACAGACGGACA	60	2503
GID1-R-F: CATCCAAGACCGTCCAAAACAAT GID1-R-R: GGCAAACACATGGATGGATACAG	60	2576

Далее ПЦР-продукт секвенировали методом NGS и подвергали биоинформатической обработке. В результате секвенирования мы получили нуклеотидные последовательности двух образцов *D. villosum* различного происхождения, которые сравнивали между собой, а также с нуклеотидными последовательностями пшеницы из базы данных (рис. 1).



Рис. 1. Пример выравнивания части секвенированной последовательности гена *Gid1 Dasyprum villosum*

В результате выравнивания была выявлена высокая степень гомологии между изучаемыми последовательностями, однако в отдельных регионах наблюдались различия (в основном одно- и динуклеотидные замены), позволившие на их основании разработать маркер, позволяющий определять присутствие гена *Gid1* дазипирума в окружении генома пшеницы.

Разработка маркера. Выявленные различия между нуклеотидными последовательностями гена *Gid1 D. villosum* и пшеницы мягкой позволили разработать пару праймеров (DvGid1–1F: AGGTCAACCGCAACGAGTGC и DvGid1–1R: CCAATCCCACCGTCTCGAGCGTA), позволяющих специфично амплифицировать фрагмент гена *GID1 Dasyprum villosum* и не дающих ПЦР-продукта с ДНК пшеницы (рис. 2).

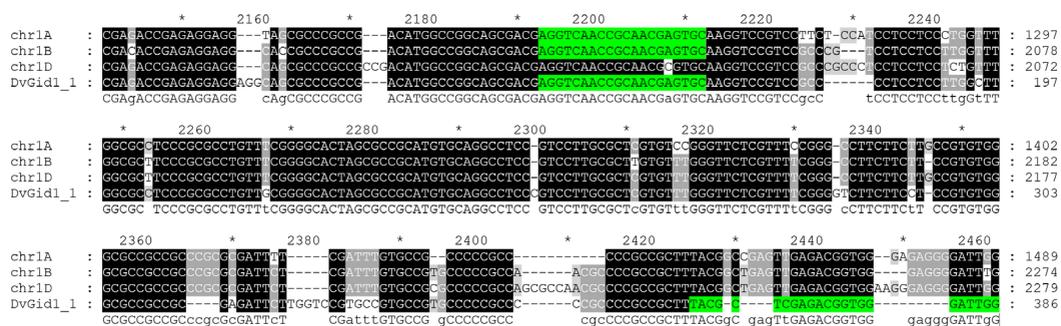


Рис. 2. Выравнивание частичной последовательности гена *Gid1* мягкой пшеницы (chr1A, chr1B chr1D) и *D. villosum* (*DvGid1*, получено в нашей работе). Зеленым цветом отмечены специфичные праймеры для выявления гена *DvGid1*

При проведении ПЦР на образцах ДНК *D. villosum* с данными праймерами амплифицировался участок размером 280 п.н., в то время как на ДНК пшеницы различных сортов целевой фрагмент не амплифицировался (рис. 3). Данный маркер в дальнейшем может использоваться для отслеживания передачи генетического материала дазипирума в селекции мягкой пшеницы.

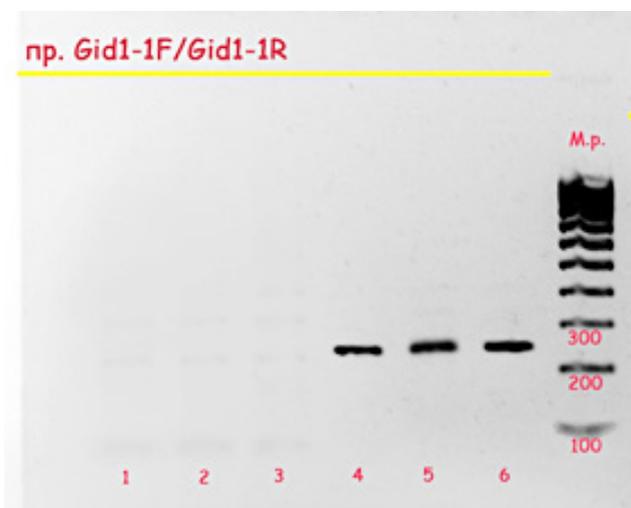


Рис. 3. Электрофореграмма амплификации ДНК-маркера *Dv-Gid-1F/R* на ген *DvGid1*: 1 – мягкая пшеница сорт Лебедь; 2 – мягкая пшеница сорт Памьять; 3 – мягкая пшеница сорт Этнос; 4 – *D. villosum* 21717; 5 – *D. villosum* 598390; 6 – *D. villosum* 470279; М. р. – маркер размеров

Картирование гена *Gid1* на хромосомы *Dasyurum villosum*. Для картирования гена *DvGid1* на хромосомах мы использовали коллекцию линий мягкой пшеницы, несущих дополненные, замещенные и транслоцированные хромосомы *D. villosum*. ДНК линий с различными дополнениями использовали для постановки ПЦР с разработанным маркером *Dv-Gid-1F/R*. В результате маркер амплифицировался только на образцах № 7677 (1V#3), 3891/89 (1V(1A)), 3896/89(1V(1D)), 5615(T1DS·1V#3L), несущих первую хромосому генома V *Dasyurum*, на остальных образцах амплификация отсутствовала (рис. 4).

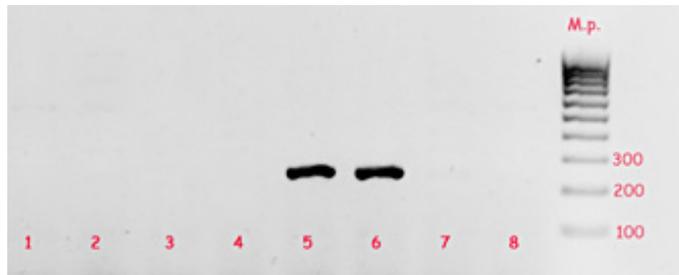


Рис. 4. Электрофореграмма амплификации ДНК-маркера Dv-Gid-1F/R на ген *DvGid1* у линий пшеницы с генетическим материалом *D. villosum*: 1–2 – № 7513 (6V#1); 3–4 – № 6661 (6V#2 [6A CS]); 5–6 – № 5615(T1DS·1V#3L); 7–8 – № 5595(T4DL·4V#3S); М. р. – маркер размеров

При амплификации на ДНК транслоцированных линий № 5615 (T1DS·1V#3L) и 5616 (T1DS·1V#3S) несущих в своих геномах только длинное или короткое плечи первой хромосомы *D. villosum* соответственно, амплификация наблюдалась лишь у линии № 5615 (T1DS·1V#3L). Таким образом, можно сделать вывод, что ген *DvGid1* — расположен на длинном плече первой хромосомы, и коллинеарен генам мягкой пшеницы, также расположенным в длинном плече хромосом первой гомеологической группы.

Фенотипическое проявление гена *DvGid1* дазипирума в генетическом окружении пшеницы. Для предварительной оценки влияния гена *DvGid1* дазипирума на рост и развитие пшеницы мы проводили фенотипическую оценку линий с замещениями, дополнениями и транслокациями (табл. 3, 4). Растения выращивали в вегетационном опыте в оранжерее без яровизации. В связи с тем, что ген *Gid1* играет одну из ключевых ролей в реакции ответа на гиббереллин, мы прежде всего оценивали длину главного стебля, кустистость, длину колоса. Высота растений сильно варьировалась, отличаясь между отдельными образцами почти в два раза (от 56 см у образца 5639 с транслокацией T7DL·7V#3S до 113 см у образца 5595 с транслокацией T4DL·4V#3S). Показатель кустистости варьировался от 1 до 4, и, по всей видимости, не был связан с присутствием гена *DvGid1*. Длина колоса — в пределах 4...7 см, при этом величина главного колоса и боковых колосьев одного растения практически не отличались между собой (табл. 3, 4).

Таблица 3

Фенотипическая оценка дополненных линии пшеницы

Хромосома	Номер	Средняя длина главного стебля	Средняя длина главного колоса	Средняя общая кустистость	Наличие <i>DvGid1</i>
1V#3	7677	65,66 ± 2,60	4,00 ± 0,29	1,44 ± 0,29	Да
3V#3	7679	73,29 ± 4,88	3,43 ± 0,30	1,50 ± 0,29	–
4V#3	7680	84,86 ± 2,61	5,71 ± 0,61	1,71 ± 0,29	–
5V#3	7681	58,38 ± 6,55	6,25 ± 0,62	2,13 ± 0,40	–
6V#1	7513	105,50 ± 2,50	7,00 ± 0,00	3,00 ± 1,00	–
7V#1	7514	87,00 ± 12,00	5,50 ± 0,50	3,50 ± 1,50	–

Для выращивания исследуемых линий нами использовались либо оригинальные семена, либо семена, верифицированные с помощью молекулярных маркеров в предыдущих работах [24]. Однако при молекулярном анализе индивидуальных растений линии 7677 (1V#3), несущей дополнительную хромосому 1V, было обнаружено, что на части растений нет амплификации специфического маркера. Таким образом, мы можем говорить о том, что в исследованных растениях отсутствует дополнительная хромосома 1V. Подобная потеря дополнительных хромосом относительно частое явление. А полученные нами результаты, еще раз подчеркивают важность использования молекулярных маркеров для верификации исследуемого материала.

Таблица 4

Фенотипическая оценка замещенных и транслоцированных линий пшеницы

Перестройка	Хромосома	Номер	Средняя длина главного стебля	Средняя длина главного колоса	Средняя общая кустистость	Наличие гена <i>DvGid1</i>
Замещение	1V(1A)	3891/89	89,30 ± 0,66	5,00 ± 0,00	3,33 ± 0,66	Да
Замещение	3V(3B)	86/11	68,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	–
Замещение	3V(3D)	1360/07	96,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	–
Замещение	5V(5D)	2333/89	87,66 ± 9,60	7,50 ± 0,29	3,00 ± 0,58	–
Замещение	6V(6A)	1415/94	88,33 ± 8,95	5,00 ± 0,58	2,67 ± 0,33	–
Замещение	7V(7A)	3889/89	91,00 ± 5,00	5,00 ± 0,00	2,50 ± 0,50	–
Замещение	6V#2 [6A CS]	6661	63,30 ± 7,84	6,50 ± 1,26	1,67 ± 0,66	–
Транслокация	T4DS·4V#3L	5594	78,00 ± 7,00	6,00 ± 0,58	4,00 ± 1,33	–
Транслокация	T4DL·4V#3S	5595	113,00 ± 1,00	8,00 ± 1,00	3,50 ± 0,50	–
Транслокация	T1DS·1V#3L	5615	103,00 ± 0,00	6,00 ± 1,00	4,00 ± 1,00	Да
Транслокация	T1DL·1V#3S	5616	84,66 ± 4,51	5,00 ± 0,29	3,33 ± 0,88	–
Транслокация	T2BS·2V#3L	5634	64,00 ± 2,00	6,33 ± 0,33	2,67 ± 0,88	–
Транслокация	T3DL·3V#3S	5636	97,66 ± 6,36	5,50 ± 0,28	3,00 ± 0,58	–
Транслокация	T3DS·3V#3L	5637	76,00 ± 5,30	3,50 ± 0,76	1,33 ± 0,33	–
Транслокация	T5DL·5V#3S	5638	94,00 ± 4,50	6,00 ± 0,57	3,00 ± 0,58	–
Транслокация	T7DL·7V#3S	5639	56,00 ± 7,00	4,50 ± 0,50	1,00 ± 0,00	–
Транслокация	T7DS·7V#3L	5640	67,00 ± 0,00	7,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	–
Транслокация	6BS·6VL	1438/94	86,33 ± 3,66	5,83 ± 0,60	2,00 ± 0,00	–
Транслокация	6AS·6VL	3214/96	95,00 ± 3,51	5,00 ± 0,00	1,67 ± 0,66	–
Транслокация	3V·3BL+3B	853/11	91,50 ± 1,50	7,00 ± 1,00	3,50 ± 0,50	–

Поскольку ген *DvGid1* был картирован нами на длинном плече хромосомы 1V, особое внимание следует обратить на сравнение между собой образцов под

номерами 5615 (T1DS·1V#3L) и 5616 (T1DL·1V#3S). Оба образца предоставлены В. Дж. Рауп из центра Университета штата Канзас (Dr. W. Jon Raupp Center KSU) и несут одну и ту же транслоцированную хромосому из генома *D. villosum* сицилийского происхождения. Однако первый образец имеет в кариотипе транслокацию T1DS·1V#3L, то есть длинное плечо первой хромосомы, несущее изучаемый ген, а второй — T1DL·1V#3S, т. е. короткое плечо этой же хромосомы, но без данного гена. В остальном эти образцы максимально генетически схожи. Но на уровне фенотипов наблюдались определенные различия. При наличии гена *DvGid1* высота растений достигала 103 см, что являлось практически максимальной высотой среди изучаемых линий. Исключением был образец 5595 (T4DL·4V#3S), высота растений которого была еще выше. Но следует обратить внимание, что как раз на четвертой гомеологической группе находятся гены, кодирующие белки DELLA, как раз взаимодействующие с белками GID1 и оказывающие существенное влияние на высоту. В случае же отсутствия гена *DvGid1*–5616 (T1DL·1V#3S), высота растений находилась на уровне средней высоты (83 см) остальных линий с различными интрогрессиями *D. villosum* (см. табл. 4).

Полученные данные согласуются с данными о механизме работы белка GID1 и опосредовано демонстрируют нам наличие данного белка у замещенных/транслоцированных линий, тогда как в геноме дополненных линий подобных существенных различий отмечено не было. Вероятно, отсутствие одной из хромосом пшеницы способствует вовлечению генов с хромосом чужеродного происхождения в процессы синтеза белков и, как следствие, последующее влияние данных белков на рост и развитие растения. Из этого также следует, что замещенные и транслоцированные линии в целом, по-видимому, более предпочтительны для изучения влияния проявления отдельных чужеродных генов, по сравнению с линиями, несущими свой сбалансированный геном и дополненные хромосомы отдаленных сородичей, по крайней мере, когда речь идет изначально о многохромосомных аллополиплоидных культурах, с крупными геномами, таких, как мягкая пшеница.

Заключение

В результате проведенной работы впервые были получены уникальные нуклеотидные последовательности гена *Gid1* двух образцов *D. villosum* различного происхождения. Сравнение с гомологичными генами мягкой пшеницы и позволило разработать геном-специфичный маркер Dv-Gid-1F/R, эффективно различающий ген *DvGid1 Dasyphyrum* в окружении генома пшеницы. Показана локализация гена *DvGid1* на длинном плече хромосомы 1V. Проведена предварительная фенотипическая оценка проявления данного гена в окружении генома пшеницы и выявлено существенное влияние изучаемого гена на высоту растения. Показано, что линии, несущие в геноме замещения или транслокации, более предпочтительны для подобных исследований, по сравнению с моносомно-дополненными линиями.

References / Библиографический список

1. Ray DK, Mueller ND, West PC, Foley JA. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS one*. 2013; 8(6): e66428. doi: 10.1371/journal.pone.0066428
2. Minelli S, Ceccarelli M, Mariani M, De Pace C, Cionini PG. Cytogenetics of *Triticum* × *Dasypyrum* hybrids and derived lines. *Cytogenetic and genome research*. 2005; 109(1–3):385–392. doi: 10.1159/000082424
3. Li H, Dong Z, Ma C, Tian X, Qi Z, Wu N, et al. Physical Mapping of Stem Rust Resistance Gene Sr52 from *Dasypyrum villosum* Based on ph1b-Induced Homoeologous Recombination. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20(19):4887. doi: 10.3390/ijms20194887
4. Djanaguiraman M, Prasad PV, Kumari J, Sehgal SK, Friebe B, Djalovic I, et al. Alien chromosome segment from *Aegilops speltoides* and *Dasypyrum villosum* increases drought tolerance in wheat via profuse and deep root system. *BMC plant biology*. 2019; 19(1):242. doi: 10.1186/s12870-019-1833-8
5. Zhang R, Fan Y, Kong L, Wang Z, Wu J, Xing L, et al. Pm62, an adult-plant powdery mildew resistance gene introgressed from *Dasypyrum villosum* chromosome arm 2VL into wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2018; 131(12):2613–2620. doi: 10.1007/s00122-018-3176-5
6. Li G, Gao D, Zhang H, Li J, Wang H, La S, et al. Molecular cytogenetic characterization of *Dasypyrum breviaristatum* chromosomes in wheat background revealing the genomic divergence between *Dasypyrum* species. *Molecular Cytogenetics*. 2016; 9(1):6. doi: 10.1186/s13039-016-0217-0
7. Zhang H, Li G, Li D, Gao D, Zhang J, Yang E, et al. Molecular and cytogenetic characterization of new wheat — *Dasypyrum breviaristatum* derivatives with post-harvest re-growth habit. *Genes*. 2015; 6(4):1242–1255. doi: 10.3390/genes6041242
8. Blanco A, Simeone R, Resta P. The addition of *Dasypyrum villosum* (L.) Candargy chromosomes to durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theoretical and applied genetics*. 1987; 74(3):328–333. doi: 10.1007/BF00274714
9. Friebe B, Cermeno MC, Zeller FJ. C-banding polymorphism and the analysis of nucleolar activity in *Dasypyrum villosum* (L.) Candargy, its added chromosomes to hexaploid wheat and the amphiploid *Triticum dicoccum* — *D. villosum*. *Theoretical and applied genetics*. 1987; 73(3):337–342. doi: 10.1007/BF00262498
10. Liu C, Qi L, Liu W, Zhao W, Wilson J, Friebe B, et al. Development of a set of compensating *Triticum aestivum*–*Dasypyrum villosum* Robertsonian translocation lines. *Genome*. 2011; 54(10):836–844. doi: 10.1139/g11-051
11. Zhang R, Hou F, Feng Y, Zhang W, Zhang M, Chen P, et al. Characterization of a *Triticum aestivum* — *Dasypyrum villosum* T2VS2DL translocation line expressing a longer spike and more kernels traits. *Theoretical and applied genetics*. 2015; 128(12):2415–2425. doi: 10.1007/s00122-015-2596-8
12. De Pace C, Snidaro D, Ciaffi M, Vittori D, Ciofo A, Cenci A, et al. Introgression of *Dasypyrum villosum* chromatin into common wheat improves grain protein quality. *Euphytica*. 2001; 117(1):67–75. doi: 10.1023/A:1004095705460
13. Okuno A, Hirano K, Asano K, Takase W, Masuda R, Morinaka Y, et al. New approach to increasing rice lodging resistance and biomass yield through the use of high gibberellin producing varieties. *PLoS One*. 2014; 9(2): e86870. doi: 10.1371/journal.pone.0086870
14. Wu Y, Wang Y, Mi XF, Shan JX, Li XM, Xu JL, et al. The QTL GNP1 encodes GA20ox1, which increases grain number and yield by increasing cytokinin activity in rice panicle meristems. *PLoS genetics*. 2016; 12(10): e1006386. doi: 10.1371/journal.pgen.1006386
15. Hedden P. The genes of the Green Revolution. *TRENDS in Genetics*. 2003; 19(1):5–9. doi: 10.1016/S0168-9525(02)00009-4
16. Peng J, Richards DE, Hartley NM, Murphy GP, Devos KM, Flintham JE, et al. ‘Green revolution’ genes encode mutant gibberellin response modulators. *Nature*. 1999; 400(6741):256–261. doi: 10.1038/22307
17. Gallego-Giraldo C, Hu J, Urbez C, Gomez MD, Sun TP, et al. Role of the gibberellin receptors *GID1* during fruit-set in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*. 2014; 79(6):1020–1032. doi: 10.1111/tpj.12603
18. Harberd NP, Belfield E, Yasumura Y. The angiosperm gibberellin-*GID1*-*DELLA* growth regulatory mechanism: how an “inhibitor of an inhibitor” enables flexible response to fluctuating environments. *The Plant Cell*. 2009; 21(5):1328–1339. doi: 10.1105/tpc.109.066969
19. Murray MG, Thompson WF. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic acids research*. 1980; 8(19):4321–4326. doi: 10.1093/nar/8.19.4321
20. Bankevich A, Nurk S, Antipov D, Gurevich AA, Dvorkin M, Kulikov AS, et al. SPAdes: a new genome assembly algorithm and its applications to single-cell sequencing. *Journal of computational biology*. 2012; 19(5):455–477. doi: 10.1089/cmb.2012.0021

21. Zaharia M, Bolosky WJ, Curtis K, Fox A, Patterson D, Shenker S, et al. Faster and more accurate sequence alignment with SNAP. 2011. Available from: http://www.icsi.berkeley.edu/pubs/networking/ICSI_fasterandmoreaccurate11.pdf
22. Nicholas KB, Nicholas HB. Genedoc: a tool for editing and annotating multiple sequence alignments. 1997. Available from: www.nrbsc.org/gfx/genedoc/index.html
23. Zhang R, Sun B, Chen J, Cao A, Xing L, Feng Y, et al. Pm55, a developmental-stage and tissue-specific powdery mildew resistance gene introgressed from *Dasypyrum villosum* into common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2016; 129(10):1975–1984. doi: 10.1007/s00122-016-2753-8
24. Sokolov PA, Krupin PY, Divashuk MG, Karlov GI. Using PLUG-markers to analyze the collection of soft wheat lines disomically complemented with *Dasypyrum villosum* chromosomes. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. 2017; (4):147–157. (In Russ). Соколов П.А., Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование plug-маркеров для анализа коллекции дисомно дополненных линий мягкой пшеницы хромосомами *Dasypyrum villosum* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 147–157.

About authors:

Razumova Olga Vladimirovna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; Moscow Botanical Garden of Academy of Sciences, 4, ul. Botanicheskaya st., Moscow, Russian Federation, 12727; e-mail: razumovao@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5157-0087, 6507-1005

Bazhenov Mikhail Sergeevich — Candidate of Biological Sciences, senior researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: mikhabazhenov@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7301-1363

Nikitina Ekaterina Aleksandrovna — Laboratory Assistant, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: shhket@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5002-8229

Nazarova Lyubov Andreevna — Junior Researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: lpukhova@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-4056-8907, 1426-2760

Romanov Dmitry Viktorovich — Candidate of Biological Sciences, senior researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: akabos1987@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7495-7572, 9747-9690

Chernook Anastasiya Gennadievna — Junior Researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: Irbis-sibr1@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-8793-1742

Sokolov Pavel Andreevich — Laboratory Assistant Researcher, Center for Molecular Biotechnology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: pav2395147@yandex.ru

Kuznetsova Viktoria Maksimovna — Junior Researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: vika-kuz367@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-3657-4511

Semenov Oleg Grigorievich — Candidate of Biological Sciences, professor, Technosphere Safety Department, Agrarian-technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation, 117198; e-mail: semenov_og@rudn.university

Karlov Gennady Ilyich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; Russian Timiryazev State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: karlovg@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9016-103X, 7043-2727

Kharchenko Petr Nikolaevich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Advisor, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: iab@iab.ru

Divashuk Mikhail Georgievich — Candidate of Biological Sciences, leading researcher, Laboratory of Applied Genomics and Private Breeding of Agricultural Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; Russian Timiryazev State Agrarian University, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, Russian Federation, 127550; e-mail: divashuk@gmail.com; ORCID: 0000–0001–6221–3659

Об авторах:

Разумова Ольга Владимировна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 12727, ул. Ботаническая, д. 4; e-mail: razumova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5157-0087>, 6507–1005

Баженов Михаил Сергеевич — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: mikhabazhenov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7301-1363>

Никитина Екатерина Александровна — лаборант-исследователь лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: shhket@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5002-8229>

Назарова Любовь Андреевна — младший научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: lpukhova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4056-8907>, 1426–2760

Романов Дмитрий Викторович — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: akabos1987@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-7495-7572>, 9747–9690

Черноок Анастасия Геннадьевна — младший научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: Irbis-sibr1@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8793-1742>

Соколов Павел Андреевич — лаборант-исследователь лаборатории центра молекулярной биотехнологии, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, Российская Федерация, г. Москва, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: pav2395147@yandex.ru

Кузнецова Виктория Максимовна — младший научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: vika-kuz367@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3657-4511>

Семёнов Олег Григорьевич — кандидат биологических наук, профессор департамента техносферной безопасности Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: semenov_og@rudn.university

Карлов Геннадий Ильич — доктор биологических наук, профессор, Академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, г. Москва, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: karlovg@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9016-103X>, 7043-2727

Харченко Петр Николаевич — доктор биологических наук, профессор, Академик РАН, научный руководитель, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; e-mail: iab@iab.ru

Дивашук Михаил Георгиевич — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной геномики и частной селекции сельскохозяйственных растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Российская Федерация, г. Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д. 42; Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, Российская Федерация, г. Москва, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: divashuk@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-6221-3659>

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-86-96
УДК 633.18:575.22:631.527:631.526.32

Научная статья / Research article

Оценка новых генотипов риса кубанской селекции в условиях экологического сортоиспытания на территории Республики Адыгея

Р.Р. Джамирзе*, Н.В. Остапенко, Н.Н. Чинченко

Федеральный научный центр риса, г. Краснодар, Российская Федерация
*dzhamirze01022010@yandex.ru

Аннотация. В решении задач современного рисоводства, связанных с устойчивым ростом его урожайности, ресурсо- и энергоэкономичности и рентабельности, центральное место занимает создание новых сортов и своевременное их внедрение в производство при тесном сотрудничестве ученых и производственников. В связи с этим ассортимент риса кубанской селекции ежегодно пополняется более урожайными сортами, с повышенной устойчивостью к неблагоприятным биотическим, абиотическим и антропогенным факторам, разного уровня технологизации и энергообеспеченности при возделывании культуры, а также обладающими разными кулинарными качествами. Урожайность сорта — один из основных показателей ценности и главное требование, предъявляемое производством. Урожайность складывается из количества растений на единице площади и продуктивности каждого из них. Поэтому для объективной оценки анализируемых сортов риса и определения их пригодности возделывания в данной агроклиматической зоне необходимо учесть важные хозяйственно ценные признаки и их вариабельность в течение определенного времени. Приведены результаты экологического сортоиспытания 20 сортов риса в течение трех лет (2016–2018 гг.). Определена изменчивость урожайности и количества продуктивных стеблей на единице площади по сортам. Средняя и слабая межсортная вариабельность продуктивного стеблестоя (13,9; 10,3 и 13,5%) и урожайности (12,4; 9,2 и 9,9%) в период исследования обуславливает оптимальный уровень агротехники хозяйства. Сорта, сформировавшие достоверно высокую урожайность при несущественной ее изменчивости, рекомендованы для возделывания в условиях Республики Адыгея.

Ключевые слова: рис, селекция риса, новый сорт, урожайность, экологическое сортоиспытание, ЭСИ, изменчивость признака.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Финансирование.

Работа в ООО «АНТЦ Рис» проводилась в рамках научно-технического сотрудничества материалами и средствами, выделяемыми ФГБНУ «ФНЦ риса», в целях выполнения НИОКР и своевременной сортообновления в отрасли.

История статьи:

Поступила в редакцию: 1 февраля 2019 г. Принята к публикации: 17 января 2020 г.

© Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В., Чинченко Н.Н., 2019.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Для цитирования:

Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В., Чинченко Н.Н. Оценка новых генотипов риса кубанской селекции в условиях экологического сортоиспытания на территории Республики Адыгея // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 15. № 1. С. 86–96. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-86-96

Evaluation of new rice genotypes of Kuban breeding in conditions of environmental testing in the Republic of Adygea

Ruslan R. Dzhamirze, Nadezhda V. Ostapenko, Natalya N. Chinchenko

Federal rice research center, Krasnodar, Russian Federation

*Correspondent author: dzhamirze01022010@yandex.ru

Abstract. In solving the problems of modern rice growing associated with yield increase, resource/energy efficiency and profitability, development of new varieties and their timely introduction into production as a result of close cooperation of scientists and production workers is central. In this regard, the assortment of rice varieties of Kuban breeding is annually replenished with more productive ones having increased resistance to adverse biotic, abiotic and anthropogenic factors, technologization and energy supply during cultivation, and different cooking characteristics. Crop productivity is one of the main value indicators and the main requirement of production. It consists of number of plants per unit area and productivity of each of them. Therefore, in order to evaluate rice varieties and determine their suitability for cultivation in this agroclimatic zone, it is necessary to consider important agronomic traits and their variability during a certain time. The article presents the results of environmental testing of 20 rice varieties over three years (2016–2018). The variability of yield and number of productive stems per unit area in varieties was determined. The average and weak inter-variety variability of productive plant stand (13.9; 10.3 and 13.5%) and yield (12.4; 9.2 and 9.9%) during the research period determines the optimal level of agricultural farming. The varieties that have formed a significantly high yield with its insignificant variability are recommended for cultivation in conditions of the Republic of Adygea.

Key words: rice, rice breeding, new variety, yield, environmental variety testing, EVT, trait variability

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgments. Funding

The study in Adygea Rice Scientific and Technical Center was carried out as part of scientific and technical cooperation with materials and funds allocated by Federal Rice Research Center, in order to carry out R&D and timely varietal change in the industry.

Article history:

Received: 1 February 2019. Accepted: 17 January 2020

For citation:

Dzhamirze RR, Ostapenko NV, Chinchenko NN. Evaluation of new rice genotypes of Kuban breeding in conditions of environmental testing in the Republic of Adygea. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):86–96. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-1-86-96

Введение

Роль сорта в получении урожая исключительно велика. От своевременного и научно обоснованного проведения сортосмена во многом зависит успех рисоводства. Для получения стабильно высоких результатов в отрасли необходимо обновлять структуру посевных площадей риса максимально эффективными сортами, соответствующими данной агроклиматической зоне.

Повышение спроса на крупу крупнозерновых сортов риса предъявляет высокие требования к производителям и научному сообществу. Своевременное внедрение новых сортов риса отечественной селекции в структуру посевных площадей, отвечающих требованиям потребителей, позволит удовлетворить не только спрос, но и составит уверенную конкуренцию импортной продукции в рамках импортозамещения, что очень важно для эффективности отрасли рисоводства в целом. Соответственно, из переданных на государственное сортоиспытание (ГСИ) в 2017 г. пяти сортов три являются крупнозерновыми, а в 2018 г. — два из пяти [1].

Селекция и семеноводство занимают ведущее место в научно обоснованной технологической системе возделывания сельскохозяйственных растений и являются наиболее мощными экологически безвредными рычагами в повышении урожайности и качества растениеводческой продукции [2].

Вклад селекции в повышение урожайности сельскохозяйственных культур за последние десятилетия оценивается в 30...70%, а с учетом возможных климатических флуктуаций роль селекции в будущем неумолимо будет возрастать [3, 4]. Прогрессивная селекция и своевременное внедрение в производство новых, более урожайных сортов, является одним из важнейших факторов, способствующих уверенному росту эффективности отечественного рисоводства [5].

Научно обоснованная сортовая политика, включающая наращивание ассортимента возделываемых сортов разной технологической энергоемкости (сорта интенсивного, экстенсивного и промежуточного типов), учитывающая характерные им особенности, а также агроклиматические условия возделывания является залогом прогрессивного развития рисоводства в России [6]. Поэтому в рамках НИР ФГБНУ «ФНЦ риса» проводит масштабные экологические и производственные испытания на территории России и ближнего зарубежья с целью оптимального подбора и размещения сортов риса нового поколения [7].

Рост урожайности и валовых сборов риса в Республике Адыгея связывают с тесным сотрудничеством с учеными. В 2018 г. семена селекции «ФНЦ риса» заняли около 41,4% посевной площади, что на 30% больше, чем в 2017 г. [8].

В Республике Адыгея в 2019 г. площадь посевов риса довели до 8,2 тыс. га. Наблюдается положительная динамика. В 2017 г. посевные площади риса составляли 5,1 тыс. га, в 2018 г. — почти 6,7 тыс. га. В 2018 г. валовой сбор риса составил около 35 тыс. т. В последующие годы ожидается увеличение урожая [9].

Материалы и методы

Объектами исследований служили 20 новых сортов риса (Рапан, Флагман, Полевик, Яхонт, Яткын, Шарм, Водопад, Юбилейный-85, Исток, Наташа, Азов-

ский, Патриот, Фаворит, Аполлон, Наутилус, Велес, Станичный, Кураж, Галла и Эльбрус) по предшественнику рис, возделываемый второй год на оросительной системе ООО «АНТЦ Рис».

В целом климатические условия дельты р. Кубани благоприятствуют выращиванию риса и обеспечивают необходимым количеством тепла данную культуру.

Между различными агроландшафтными районами зоны рисоводства Краснодарского края нет существенных различий по климатическим показателям в соответствии с требованиями растений риса. Поэтому при агроэкологической оценке территории по пригодности для выращивания риса агроклиматический коэффициент принят за 1,0 (полное удовлетворение потребности в определяющих климатических факторах) для всей зоны рисоводства Кубани [10].

Для посева делянок использовали сеялку центрального высева. Площадь делянки 20 м², повторность — трехкратная с рендомизированным размещением, количество рядков — восемь, расстояние между рядами 15 см, расстояние между делянками 0,5 м, норма высева 7 млн. всхожих зерен на 1 га [11]. Стандартом в экологическом сортоиспытании (ЭСИ) служил среднеспелый сорт Рапан. Единый фон минерального питания N₁₂₀P₆₀K₄₀. Сроки посева — первая декада мая.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения (дружность всходов, густота и т.д.), отмечали даты проведения профилактических обработок и наступления фаз выметывания и полной спелости. Определяли густоту продуктивного стеблестоя в фазе полной спелости перед уборкой. Биологическую урожайность рассчитывали из модельных снопов, убранных вручную из делянок площадью 1 м².

Полученные результаты обработаны методами дисперсионного и корреляционного анализов [11, 12], а для сравнения степени изменчивости признаков использовали коэффициент вариации CV [13].

Результаты и обсуждение

Важным признаком в формировании высоких урожаев является количество продуктивного стеблестоя в ценозе. Число продуктивных стеблей на единице площади регулируется агротехническими приемами и зависит от типа сорта (растения) и факторов окружающей среды [14]. Этот признак обладает высокой модификационной изменчивостью и низкой наследуемостью, что обуславливает его высокую вариабельность (табл. 1).

Таблица 1

Густота продуктивного стеблестоя сортов риса и его вариабельность в экологическом испытании, ООО «АНТЦ Рис», 2016–2018 гг.

№ п/п	Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²				CV, %
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	
1	Рапан (st)	292	436	378	368,7	19,7
2	Флагман	380	414	405	399,7	4,4
3	Полевик	496	352	480	442,7	17,8

Окончание таблицы 1

№ п/п	Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²				CV, %
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	
4	Яхонт	428	329	416	391,0	13,8
5	Яткын	488	364	553	468,3	20,5
6	Шарм	400	502	480	460,7	11,7
7	Водопад	408	355	470	411,0	14,0
8	Юбилейный 85	416	356	392	388,0	7,8
9	Исток	420	302	663	461,7	39,9
10	Наташа	380	484	568	477,3	19,7
11	Азовский	496	258	511	421,7	33,7
12	Патриот	384	468	449	433,7	10,2
13	Фаворит	420	428	473	440,3	6,5
14	Аполлон	444	310	467	407,0	20,8
15	Наутилус	428	370	369	389,0	8,7
16	Велес	372	432	316	373,3	15,5
17	Станичный	328	350	385	354,3	8,1
18	Кураж	408	374	356	379,3	7,0
19	Галла	536	453	576	521,7	12,0
20	Эльбрус	384	395	363	380,7	4,3
Среднее		415,4	386,6	453,5		
CV,%		13,9	10,3	13,5		
НСР ₀₅		71,20	83,50	77,50	77,40	

Table 1

Density of productive plant stand of rice varieties and its variability in environmental testing, 2016–2018

№ п/п	Variety	Number of productive stems, per m ²				CV,%
		2016	2017	2018	Mean value	
1	Rapan (st)	292	436	378	368.7	19.7
2	Flagman	380	414	405	399.7	4.4
3	Polevik	496	352	480	442.7	17.8
4	Yakhont	428	329	416	391.0	13.8
5	Yatkyn	488	364	553	468.3	20.5
6	Sharm	400	502	480	460.7	11.7
7	Vodopad	408	355	470	411.0	14.0

Continuation table 1

№ п/п	Variety	Number of productive stems, per m ²				CV,%
		2016	2017	2018	Mean value	
8	Yubileyniy 85	416	356	392	388.0	7.8
9	Istok	420	302	663	461.7	39.9
10	Natasha	380	484	568	477.3	19.7
11	Azovskiy	496	258	511	421.7	33.7
12	Patriot	384	468	449	433.7	10.2
13	Favorit	420	428	473	440.3	6.5
14	Apollon	444	310	467	407.0	20.8
15	Nautilus	428	370	369	389.0	8.7
16	Veles	372	432	316	373.3	15.5
17	Stanichniy	328	350	385	354.3	8.1
18	Kurazh	408	374	356	379.3	7.0
19	Galla	536	453	576	521.7	12.0
20	Elbrus	384	395	363	380.7	4.3
Mean value		415.4	386.6	453.5		
CV,%		13.9	10.3	13.5		
LSD ₀₅		71.20	83.50	77.50	77.40	

Вариабельность количества продуктивных стеблей в период исследования составила 4,4...39,9%. Высокая изменчивость данного признака отмечена у сортов Яткын, Аполлон, Азовский и Исток — 20,5; 20,9; 33,7 и 39,9% соответственно. Минимальная вариабельность отмечена у сортов Флагман, Юбилейный 85, Фаворит, Наутилус, Станичный, Кураж и Эльбрус — от 4,3 до 8,7%, а все остальные сорта характеризовались средней степенью изменчивости числа продуктивных стеблей на единице площади — 10,2...19,7%. Следует полагать, что сорта с высокой изменчивостью данного признака при равных прочих условиях выращивания требуют более специфического подхода в технологическом плане. Межсортовая изменчивость признака по годам составила 13,9; 10,3 и 13,5%. Существенные различия по данному признаку отмечены у сортов Яткын, Шарм, Исток, Наташа и Галла, превысивших стандарт Рапан. Поэтому, переходя к анализу основного признака — урожайности сортов, характеризующего их перспективность и востребованность в отрасли, стоит сказать, что в период исследований 2016–2018 гг. у изучаемых сортов была сформирована оптимальная густота стеблестоя для получения высоких урожаев.

Урожайность большинства новых сортов риса в экологическом испытании была в пределах наименьшей существенной разницы ($НСП_{05}$), а некоторые достоверно превысили стандарт (табл. 2). Высокая изменчивость признака (>20%) может означать динамичность генотипа в данной агроклиматической зоне.

Таблица 2

**Биологическая урожайность сортов риса и его вариабельность
в экологическом испытании, ООО «АНТЦ Рис», 2016–2018 гг.**

№ п/п	Сорт	Урожайность, ц/га				CV,%
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	
1	Рапан (st)	97,3	113,7	79,9	97,0	17,4
2	Флагман	102,5	108,5	96,0	102,3	6,1
3	Полевик	108,2	102,3	114,1	108,2	5,5
4	Яхонт	102,7	101,9	111,4	105,3	5,0
5	Яткын	119,3	108,8	127,7	118,6	8,0
6	Шарм	73,35	71,9	74,8	73,4	2,0
7	Водопад	96,3	94,5	107,6	99,5	7,1
8	Юбилейный 85	97,7	116,8	96,6	103,7	11,0
9	Исток	80,3	91,0	85,8	85,7	6,2
10	Наташа	119,8	92,9	146,7	119,8	22,5
11	Азовский	87,9	66,7	112,5	89,0	25,7
12	Патриот	105,3	113,3	103,6	107,4	4,8
13	Фаворит	105,5	115,3	101,6	107,5	6,6
14	Аполлон	112,8	107,8	120,3	113,6	5,5
15	Наутилус	88,3	106,3	78,2	90,9	15,7
16	Велес	108,5	116,2	97,2	107,3	8,9
17	Станичный	121,6	136,3	87,6	115,2	21,7
18	Кураж	97,3	110,1	100,5	102,6	6,5
19	Галла	102,7	126,1	109,3	112,7	10,7
20	Эльбрус	104,7	100,5	99,0	101,4	2,9
Среднее		101,60	101,60	105,05	102,52	
CV,%		12,4	12,4	9,2	9,9	
НСР ₀₅		8,25	8,25	12,45	7,62	9,44

Table 2

Biological yield of rice varieties and its variability in environmental testing, 2016–2018

№ п/п	Variety	Yield, c/ha				CV,%
		2016	2017	2018	Mean value	
1	Rapan (st)	97.3	113.7	79.9	97.0	17.4
2	Flagman	102.5	108.5	96.0	102.3	6.1
3	Polevik	108.2	102.3	114.1	108.2	5.5
4	Yakhont	102.7	101.9	111.4	105.3	5.0
5	Yatkyn	119.3	108.8	127.7	118.6	8.0
6	Sharm	73.4	71.9	74.8	73.4	2.0
7	Vodopad	96.3	94.5	107.6	99.5	7.1
8	Yubileyniy 85	97.7	116.8	96.6	103.7	11.0
9	Istok	80.3	91.0	85.8	85.7	6.2
10	Natasha	119.8	92.9	146.7	119.8	22.5
11	Azovskiy	87.9	66.7	112.5	89.0	25.7
12	Patriot	105.3	113.3	103.6	107.4	4.8
13	Favorit	105.5	115.3	101.6	107.5	6.6
14	Apollon	112.8	107.8	120.3	113.6	5.5
15	Nautilus	88.3	106.3	78.2	90.9	15.7
16	Veles	108.5	116.2	97.2	107.3	8.9
17	Stanichniy	121.6	136.3	87.6	115.2	21.7
18	Kurazh	97.3	110.1	100.5	102.6	6.5
19	Galla	102.7	126.1	109.3	112.7	10.7
20	Elbrus	104.7	100.5	99.0	101.4	2.9
Mean value		101.60	105.05	102.52		
CV,%		12.4	9.2	9.9		
LSD ₀₅		8.25	12.45	7.62	9.44	

Среднегодовая вариабельность урожайности представленных сортов риса составила 2,0...25,7%. Сорта Наташа, Азовский и Станичный характеризовались высокой степенью изменчивости — 22,5; 25,7 и 21,7% соответственно, что свидетельствует о динамичности данных генотипов в период исследований. У сортов Рапан, Юбилейный 85, Наутилус и Галла вариабельность признака средняя — 17,4; 11,0; 15,7 и 10,7% соответственно. Урожайность большинства изученных

сортов риса оказалась слабоизменчивой за три года, что позволяет предположить возможность их возделывания в условиях данного хозяйства.

Межсортовая изменчивость урожайности составила 12,4; 9,2 и 9,9% по годам. Сорты Полевик, Яткын, Наташа, Патриот, Фаворит, Аполлон, Велес, Станичный и Галла достоверно превысили Рапан (st) по урожайности. Абсолютные значения признака варьировали от 74,3 (Шарм) до 119,8 ц/га (Наташа). Учитывая высокий уровень урожайности представленных сортов и незначительную ее межсортовую изменчивость, можно предположить, что набор изучаемых генотипов является оптимальным для рентабельной работы отрасли в условиях Республики Адыгея и Краснодарского края.

Выводы

Высокая урожайность и незначительная ее вариабельность у новых сортов риса позволяют быть отрасли рентабельной, а своевременное внедрение сортов в производство — конкурентоспособным на рынке семян и самодостаточным в сфере переработки, т.е. производстве крупы, что отчасти соответствует программе импортозамещения.

По результатам экологического испытания все представленные сорта сформировали оптимальное количество продуктивных стеблей на единице площади — 354,3...521,7 шт./м². Данная густота агроценоза позволила реализовать потенциал урожайности в большей степени у сортов Полевик, Яткын, Наташа, Патриот, Фаворит, Аполлон, Велес, Станичный и Галла, достоверно превысивших Рапан (st). Перспективные сорта с незначительной изменчивостью урожайности (<10%) рекомендованы для возделывания в хозяйстве ООО «АНТЦ Рис» в условиях Республики Адыгея.

Библиографический список

1. Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В. Взаимосвязь структурных элементов урожая с технологическими показателями зерна и крупы у новых сортов риса // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (3). С. 26–31. doi: 10.30901/2227–8834–2019–3–26–31
2. Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В. Корреляция признаков и их вариабельность в селекции риса // Труды КГАУ. 2018. № 5 (74). С. 25–32. doi: 10.21515/1999–1703–74–25–32
3. Лапинов Н.А., Пакуль В.Н. Оригинальное семеноводство должно быть подкреплено эффективной технологией // Защита и карантин растений. 2010. № 8. С. 21–23.
4. Моисеев В.В. К вопросу о повышении экономической эффективности выращивания зерновых культур в Краснодарском крае путем развития селекции и семеноводства // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 7 (46). С. 139–144.
5. Джамирзе Р.Р., Остапенко Н.В., Чинченко Н.Н., Филимонова М.Е. Селекция крупнозерных сортов риса // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы XII международного симпозиума. М.: РУДН, 2017. С. 180–182.
6. Мальшева Н.Н., Гаркуша С.А. Аспекты развития отрасли рисоводства // Новые тенденции развития сельскохозяйственных наук: Сборник научных трудов по итогам IV международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2017. С. 18–21.
7. Есаулова Л.В., Гаркуша С.А., Кизинек С.В. Научные приоритеты адаптивной интенсификации производства риса в Российской Федерации // Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции с элементами молодых ученых. Краснодар: ФГБНУ «ВНИИ риса», 2019. С. 34–36.
8. Лысенко Ю.А., Чуев И.Н., Хрисониди В.А. Проблемы и перспективы рисоводства на примере Краснодарского края и республики Адыгея // Фундаментальные исследования. 2019. № 4. С. 66–70.

9. Информация о проведении весенних полевых сельскохозяйственных работ на 06.05.2019 года // Республика Адыгея: официальный сайт исполнительных органов государственной власти. Режим доступа: <http://www.adygheya.ru/ministers/departments/ministerstvo-selskogo-khozyaystva/novosti-ministerstva/informatsiya-o-provedenii-vesennikh-polevykh-selskokhozyaystvennykh-rabot-na-06-05-2019-goda/> Дата обращения: 21.11.2019.
10. Харитонов Е.М., Скаженник М.С., Галкин Г.А. Климатические и физиологические аспекты формирования урожая риса в Краснодарском крае // *Рисоводство*. 2014. № 2 (25). С. 6–12.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
12. Дзюба В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных. Краснодар, 2007. 76 с.
13. Шедужен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов. Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. 664 с.
14. Воробьев Н.В., Скаженник М.А., Ковалёв В.С., Пшеницына Т.С., Моторная О.Ю. Особенности продукционного процесса сортов риса, определяющих их урожайность // *Рисоводство*. 2015. № 3–4 (28–29). С. 6–12.

REFERENCES

1. Dzhamirze RR, Ostapenko NV. Interrelation between structural yield elements and technological indicators of wholegrain and milled rice in new rice cultivars. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019; 180(3):26–31. doi: 10.30901/2227–8834–2019–3–26–31
2. Dzhamirze RR, Ostapenko NV. Correlation of traits and their variability in rice breeding. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018; (74):25–32. doi: 10.21515/1999–1703–74–25–32
3. Lapshinov NA, Pakul VN. Original seed breeding should be supported by the efficient technology. *Zashchita i karantin rastenii*. 2010; (8):21–23.
4. Moiseev VV. On the issue of increasing the economic efficiency of growing grain crops in Krasnodar region through the development of breeding and seed production. *Regional economics: theory and practice*. 2007; (7):139–144.
5. Dzhamirze RR, Ostapenko NV, Chinchenko NN, Filimonova ME. Breeding of large grain rice varieties. In: *New and unconventional plants and prospects for their use. Proceedings of the XII International Symposium*. Moscow: RUDN University Publ.; 2017. p. 180–182.
6. Malysheva NN, Malysheva NN, Garkusha SA. Aspects of development of rice growing industry. In: *New trends in the development of agricultural sciences. Collection of scientific papers following the results of the IV international scientific-practical conference*. Rostov-on-Don: Innovation Center for Development of Education and Science; 2017. p. 18–21.
7. Esaulova LV, Garkush SV, Kizinek SV. Scientific priorities of adaptive intensification of rice production in Russian Federation. In: *Scientific priorities of adaptive intensification of agricultural production. Proceedings of the international scientific-practical conference with elements of young scientists*. Krasnodar: VNII risa Publ.; 2019. p. 34–36.
8. Lysenko YA, Chuev IN, Khrisonidi VA. Problems and prospects of rice cultivation on the example of Krasnodar region and the Republic of Adygea. *Fundamental Research*. 2019; (4):66–70.
9. Information about the spring field agricultural works in the 06.05.2019. In: Republic of Adygea. Official website of Executive bodies of state power. Available from: <http://www.adygheya.ru/ministers/departments/ministerstvo-selskogo-khozyaystva/novosti-ministerstva/informatsiya-o-provedenii-vesennikh-polevykh-selskokhozyaystvennykh-rabot-na-06-05-2019-goda/> [Accessed 21th November 2019].
10. Kharitonov EM, Skazhennik MS. Climatic and physiological aspects of rice yield formation in Krasnodar region. *Rice growing*. 2014; (2):6–12.
11. Dospikhov BA. *Metodika polevogo opyta* [Methodic of field experiment]. Moscow: Kolos Publ.; 1979.
12. Dzyuba VA. *Mnogofaktornye opyty i metody biometricheskogo analiza eksperimental'nykh dannykh* [Multifactorial experiments and methods of biometric analysis of experimental data]. Krasnodar; 2007.
13. Sheudzen AK, Bondareva TN. *Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy i statisticheskaya otsenka ikh rezul'tatov* [Methods of agrochemical research and statistical evaluation of their results]. Maykop: Polygraph-Yug Publ.; 2015.
14. Vorobyov NV, Skazhennik MA, Kovalyov VS, Pshenitsyna TS, Motornaja OJ. Features of production process of rice varieties determining their yield. *Rice growing*. 2015; (3–4):6–12.

Об авторах:

Джамирзе Руслан Рамазанович — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции, ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», 350921, Российская Федерация, г. Краснодар, пос. Белозерный, д. 3; e-mail: dzhamirze01022010@yandex.ru

ORCID 0000–0003–2862–7254

SPIN: 4475–5890

Остапенко Надежда Васильевна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции, ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», 350921, Российская Федерация, г. Краснодар, пос. Белозерный, д. 3; e-mail: ostapenko30071954@yandex.ru

Чинченко Наталья Николаевна — аспирант отдела селекции, ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», 350921, Российская Федерация, г. Краснодар, пос. Белозерный, д. 3; e-mail: chinchenko1969@yandex.ru

About authors:

Dzhamirze Ruslan Ramazanovich — Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher at the selection department, Federal Rice Research Center, 3, Belozerny vil. Krasnodar, Russian Federation, 350921; e-mail: dzhamirze01022010@yandex.ru; ORCID 0000–0003–2862–7254; SPIN: 4475–5890

Ostapenko Nadezhda Vasilievna — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Breeding Department, Federal Rice Research Center, 3, Belozerny vil. Krasnodar, Russian Federation, 350921; e-mail: ostapenko30071954@yandex.ru

Chinchenko Natalya Nikolaevna — postgraduate student, Selection Department, Federal Rice Research Center, 3, Belozerny vil. Krasnodar, Russian Federation, 350921; e-mail: chinchenko1969@yandex.ru

Ветеринария Veterinary science

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-1-97-103
УДК 619:616.995.1-085.285.1[636.3

Научная статья / Research article

Исследование эффективности нового антипаразитарного препарата пролонгированного действия Липомек 2% на основе ивермектина при сифункулятозах жвачных

К.Ф. Фатахов^{1*}, Д.А. Девришов², О.Б. Литвинов³

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина, г. Москва, Российская Федерация
*fat.kurban1995@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — изучение терапевтических свойств препарата Липомек 2% при сифункулятозах, а также определение длительности его действия при данной патологии. Использовано два вида животных. Опыты проводились на разных фермерских хозяйствах. В фермерском хозяйстве «Мыгра» исследование проводили на овцах лезгинской породы. В фермерском хозяйстве «Фазенда» испытание препарата проводили на телятах кавказской бурой породы. Сифункулятозы животных являются наиболее распространенными паразитарными заболеваниями в с. Рутул Рутульского района Республики Дагестан. Изучена эффективность нового антипаразитарного препарата пролонгированного действия Липомек 2% на основе ивермектина против сифункулятозов мелкого и крупного рогатого скота. Также показал хороший терапевтический эффект 1% раствор ивермектина, проявившийся уже на следующей неделе после введения. Действие 1%-го препарата длилось недолго — 21 день. Препарат Липомек 2% на основе ивермектина показал 100%-ю эффективность против сифункулятоза овец и телят. Продолжительность паразитоцидного действия сохранялась до 30 дней (период наблюдения). После обработки поголовья признаки интоксикации не наблюдались.

Ключевые слова: Дагестан, паразиты, сифункулятозы, вши, ивермектин, овцы, телята, пролонгированный препарат, Липомек

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи:

Поступила в редакцию: 17 января 2020 г. Принята к публикации: 14 февраля 2020 г.

© Фатахов К.Ф., Девришов Д.А., Литвинов О.Б., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Для цитирования:

Фатахов К.Ф., Девришов Д.А., Литвинов О.Б. Исследование эффективности нового антипаразитарного препарата пролонгированного действия Липомек 2% на основе ивермектина при сифункулятозах жвачных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 1. С.97–103. doi: 10.22363/2312–797X-2020–15–1–97-103

Effectiveness of Lipomek 2%, a new long-acting antiparasitic ivermectin-based drug, in ruminants affected with siphunculatosi

Kurban F. Fatakhov*, Davud A. Devrishov, Oleg B. Litvinov

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russian Federation

*Correspondent author: fat.kurban1995@mail.ru

Abstract. The purpose was to study therapeutic properties of Lipomek 2% drug in animals affected with siphunculatosi, and to determine duration of its action against this pathology. To achieve these goals, 2 species of animals were used. Experiments were conducted at 2 different farms — Mygra and Fazenda, where 25 sheep (Lezgin breed) and 17 calves (Caucasian brown breed) were studied. Animal siphunculatoses are the most common parasitic diseases in Rutul village (Rutul district, Republic of Dagestan). The effectiveness of a new long-acting antiparasitic drug Lipomek 2% (ivermectin) against siphunculatosi in small and bovine animals was studied. A 1% solution of ivermectin also showed a good therapeutic effect which was manifested next week after injection and lasted 21 days. Lipomek 2% (ivermectin) showed 100% efficacy against siphunculatosi in sheep and calves. Duration of parasitocidal effect was maintained for up to 30 days (observation period). No signs of intoxication were observed after livestock treatment.

Key words: Dagestan, parasites, siphunculatosi, lice, sheep, calves, gelminth, long-acting drug, ivermectin, Lipomek

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Article history:

Received: 17 January 2020. Accepted: 14 February 2020

For citation:

Fatakhov KF, Devrishov DA, Litvinov OB. Effectiveness of Lipomek 2%, a new long-acting antiparasitic ivermectin-based drug, in ruminants affected with siphunculatosi. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(1):97–103. doi: 10.22363/2312–797X-2020–15–1–97-103

Введение

Интенсивное развитие животноводства в Российской Федерации направлено на повышение экономической и социальной составляющих страны путем обеспечения населения мясом, молоком, молочными продуктами, яйцами, шерстью и другими видами продукции животного происхождения. Серьезной преградой для полноценного решения этих задач на сегодняшний день остаются паразитарные заболевания. Развитие животноводства очень часто сдерживается заболеваниями, которые вызывают членистоногие паразиты. Среди эктопаразитов крупного и мел-

кого рогатого скота являются сифункулятозы [1]. На территории РФ сифункулятозы распространены почти повсеместно [2–4].

Из-за распространенности сифункулятоза животноводство страны несет большие потери, связанные со снижением количества получаемой продукции (мясной, молочной и т.д.), а в некоторых случаях и падежом животных [5–7]. На сегодняшний день применяемые профилактические меры предотвращения распространения этой болезни и научно-исследовательские работы не смогли полностью решить данную проблему [2, 8–10].

В научной литературе распространение паразитов жвачных связывается с климато-географическими особенностями территорий [11], определенными условиями содержания и технологией разведения животных [12, 13]. Однако общепринятые практические меры по лечению и профилактике паразитозов на некоторых комплексах применяются без учета эпизоотологической обстановки территории и фармакодинамики используемых паразитоцидных препаратов [14, 15].

Большинство используемых сегодня инсектицидов обладает коротким сроком (до 14 дней) терапевтического действия. Учитывая тот факт, что после откладки яиц сифункулят (вшей) личинки начинают выходить из них через 10...14 дней в теплое время года и через 14...20 в холодное время года [5], профилактические мероприятия в этот период являются малоэффективными.

Следовательно исследование достаточности результативности препаратов пролонгированного действия против эктопаразитов актуально и особенно важно изучить возможность и практическую полезность внедрения этих препаратов в ветеринарную практику в условиях отгонного скотоводства.

Цель исследования — изучить эффективность препарата пролонгированного действия Липомек 2% на основе ивермектина против сифункулятозов жвачных.

Материалы и методы

Испытание препарата пролонгированного действия Липомек 2% проводилось осенью, с 1 октября по 3 ноября 2019 г. в двух частных фермерских хозяйствах «Мыгра» и «Фазенда» Рутульского р-на, Республики Дагестан. В опыте было задействовано 25 голов овцематок лезгинской породы и 17 голов телят 8-месячного возраста кавказской бурой породы, спонтанно зараженных сифункулятозом. Степень инфекации поголовья в обоих хозяйствах определяли методом визуального осмотра. Опытные животные на период испытаний находились вместе с необработанными животными идентичного вида.

25 голов овец разделили на три группы, две опытные и одна контрольная. Первой опытной группе ($n = 10$) вводили подкожно пролонгированный препарат Липомек 2% на основе ивермектина в дозе 0,2 мг/кг массы тела, второй группе ($n = 10$) вводили 1%-й раствор ивермектина внутримышечно дозами 0,1 мг/кг массы тела. К контрольной группе животных ($n = 5$) препарат не применялся.

17 голов телят также разделили на 3 группы. В двух опытных группах находилось по 7 голов животных, а в контрольной — 3 головы. Как и овцам, им применяли препарат пролонгированного действия Липомек 2% и обычный 1%-й раствор ивермектина в тех же дозировках.

Эффективность антипаразитарных препаратов оценивалась после введения препарата по изменению общего состояния животных и ежедневного визуального мониторинга на наличие вшей в течение 30 сут.

Результаты и обсуждение

У телят в фермерском хозяйстве «Фазенда» отмечались признаки кожного зуда, дерматита, взъерошенности волосяного покрова, локальные алопеции по бокам тела из-за постоянных почесов, нарушение аппетита, инфестьация вшами составляла около 12...15 экземпляров на 50 см² тела животного. В хозяйстве «Мыгра» у овец наблюдали признаки почесов, гиперемии кожи за ушами, кожного зуда, инфестьация вшами составляла около 10...14 экземпляров на 50 см² тела. В основном животных беспокоило наличие зуда от укусов вшей. На основаниях волос найдены кладки яиц вшей (гнид).

После введения препаратов у всех опытных животных в хозяйстве «Мыгра» и «Фазенда» не было выявлено побочных действий. Отмечено, что после обработки на седьмой день у овец и телят улучшилось общее состояние и нормализовался аппетит. Все препараты показали высокую эффективность при сифункулятозе мелкого и крупного рогатого скота. На седьмой день после противопаразитарных обработок у животных опытных групп значительно уменьшились признаки гиперемии кожи, исчезли симптомы кожного зуда, отмечались признаки заживления расчесов. Через месяц после обработки волосяной и кожный покров восстановился до прежней формы. У контрольной группы все вышеперечисленные признаки, наоборот, усугублялись (табл.).

Таблица

Результаты применения препаратов на основе ивермектина

Симптомы	Время (периодичность) осмотра, недели														
	До обработки			I			II			III			IV		
	Группы			Группы			Группы			Группы			Группы		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Гиперемия	++	++	++	+	+	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++
Кожный зуд	++	++	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++
Расчесы	++	++	++	+	+	++	-	-	++	-	-	++	-	+	++
Инфестьация вшами	++	++	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++	-	+	++
Гниды	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+

Примечание. ++ высокая степень выраженности клинических признаков; + низкая степень; – отсутствие признаков.

Table

Effectiveness of ivermectin-based drugs

Symptoms	Inspection frequency, weeks														
	Before treatment			I			II			III			IV		
	Groups			Groups			Groups			Groups			Groups		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Hyperemia	++	++	++	+	+	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++
Skin itching	++	++	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++
Scratches	++	++	++	+	+	++	-	-	++	-	-	++	-	+	++
Lice infestation	++	++	++	-	-	++	-	-	++	-	-	++	-	+	++
Nits	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+

Note. ++ high severity of clinical signs; + low severity; – lack of signs.

Как видно из таблицы, на 28 день после обработки овец 1%-м раствором ивермектина на теле животных наблюдалось наличие вшей, 7–9 экземпляров, что может говорить о коротком терапевтическом действии препарата, и выходом личинок из гнид на 20 день после их откладки.

Заключение

Результаты экспериментальных исследований показали, что 1%-й раствор ивермектина необходимо вводить повторно с интервалом 10...14 сут согласно инструкции по применению.

Испытанный нами препарат пролонгированного действия Липомек 2% даже после однократного подкожного введения показал 100%-й эффект против сифункулятоза овец и телят в течение 28 дней (срок наблюдения) и особенно актуален при отгонной системе содержания.

Таким образом, в условиях Дагестана однократная обработка отгонного поголовья пролонгированным препаратом актуальна, так как повторные обработки овец используемыми на сегодняшний день препаратами не представляются возможными в связи с перегоном животных на высокогорные сезонные пастбища на срок до нескольких недель.

Библиографический список

1. Злотин А.З., Мищенко А.А., Присный А.В. Основные задачи и проблемы защиты сельскохозяйственных животных от вредных членистоногих // Структурно-функциональные изменения в популяциях и сообществах на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки: материалы XII междунар. науч.-практ. экол. конф., Белгород, 9–12 окт. 2012 г. Белгород, 2012. С. 78–80.
2. Атаев А.М. Эпизоотология гельминтов и эктопаразитов в популяции крупного рогатого скота в предгорной зоне Дагестана // Вестник КрасГАУ. 2007. № 8. С. 14–18.
3. Новиков А.А., Глазунова Л.А. Эпизоотологическая ситуация по основным энтомозам крупного рогатого скота мясных пород в Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2014. № 12 (99). С. 154–157.

4. Плиева А.М. Сезонная динамика эктопаразитов крупного рогатого скота в природно-климатических зонах Республики Ингушетия. М.: ВИГИС, 2006. С. 37–40.
5. Абуладзе К.И., Гильденбласт А.А., Дзасохов Г.С., Москвин С.Н., Павлова Н.В., Потемкин В.И. Диагностика инвазионных болезней сельскохозяйственных животных / под ред. К.И. Абуладзе. М.: Колос, 1972. С. 248.
6. Шахбиев Х.Х., Шахбиев И.Х., Тарамова Л.В. Эпизоотологическая характеристика паразитозов крупного рогатого скота в предгорной зоне центрального Кавказа // Вестник Чеченского республиканского университета. 2017. № 4 (28). С. 25–27.
7. Утяганова А.М., Фазлаев Р.Г. Патологические изменения в коже при сифункулятозе крупного рогатого скота // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (31). С. 27–30.
8. Биттиров А.М. Особенности распространения гельминтозов и эктопаразитозов в популяции крупного рогатого скота в предгорной зоне КБР // Изв. Горского ГАУ. 2009. С. 85–88.
9. Bordin E.L., Bastos O.P., Guerrero J., Newcomb K.M. Efficacy of ivermectin in the Treatment of Equine Habronemiasis in Brazil // Equine practice. 1987. Vol. 9. № 9. Pp. 18–19.
10. Steelman C.D. Effects of external and internal arthropod parasites on domestic livestock production // Annu. Rev. Entomol. 1976. Vol. 21. Pp. 155–178. doi: 10.1146/annurev.en.21.010176.001103
11. Hannah L., Lovejoy T., Dobson A., Kutz S., Pascual M., Winfree R. Pathogens and parasites in a changing climate Climate change and biodiversity synergistic impacts // Advances in applied biodiversity science. 2003. Vol. 4. Pp. 33–38.
12. Domy P., Pract N., Deckers N., Gabbriel S. Emerging food-borne parasites // Vet Parasitol. 2009. Vol. 3. Pp. 196–206. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.05.026
13. Patterns of invasions by pathogens and parasites Ecology of biological invasions of North America and Hawaii / H.A. Mooney, J.A. Drake, A.P. Dobson, R.M. May, editors. New York: Springer-Verlag.; 1986. Pp. 58–76.
14. Distribution and impact of helminth diseases of livestock in the different countries. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/T0584E/T0584E01.htm> Дата обращения: 02.01.2020.
15. Чилаев С.Ш. Сезонная и возрастная динамика экто- и эндопаразитов крупного рогатого скота в Чеченской Республике // Материалы всероссийской научно-практической конференции ВОГ. 2009. С. 259–262.

References

1. Zlotin AZ, Mishchenko AA, Prisniy AV. Main tasks and problems of protecting agricultural animals from harmful arthropods. In: *Structural and functional changes in populations and communities in territories with different levels of anthropogenic load: Proceedings of the XII international scientific-practical eco-friendly conf., Belgorod, October 9–12, 2012*. Belgorod; 2012. p. 78–80.
2. Ataev AM. Epizootology of helminths and ectoparasites in a cattle population in the foothill zone of Dagestan. *The Bulletin of the KrasGAU*. 2007. (8):14–18.
3. Novikov AA, Glazunova LA. Epizootic situation on the main entomoses of meat breed cattle in Transurals. *The Bulletin of the KrasGAU*. 2014; (12):154–157.
4. Plieva AM. *Seasonal dynamics of cattle ectoparasites in climatic zones of the Republic of Ingushetia*. Moscow: VIGIS Publ., 2006. p. 37–40.
5. Abuladze KI, Gildenblast AA, Dzasokhov GS, Moskvin SN, Pavlova NV, Potemkin VI. *Diagnostika invazionnykh boleznei sel'skokhozyaistvennykh zhiivotnykh* [Diagnosis of invasive diseases in farm animals]. Moscow: Kolos Publ., 1972.
6. Shakhbiev HH, Shakhbiev IH, Taramova LV. Epizootological characteristics of cattle parasitoses in foothill zone of the Central Caucasus. *Bulletin of the Chechen State University*. 2017; (4):25–27.
7. Utyaganova AM, Fazlaev RG. Pathological changes in cattle skin affected with sifunculosis. *Vestnik BSAU*. 2014; (3):27–30.
8. Bittirov AM. Features of helminthiases and ectoparasitoses spreading in a population of cattle in foothill zone of the Republic of Kabardino-Balkaria. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2009; p. 85–88.
9. Bordin EL, Bastos OP, Guerrero J, Newcomb KM. Efficacy of ivermectin in the treatment of equine habronemiasis in Brazil. *Equine practice*. 1987; 9(9):18–19.
10. Steelman CD. Effects of external and internal arthropod parasites on domestic livestock production. *Annu Rev Entomol*. 1976; 21(1):155–178. doi: 10.1146/annurev.en.21.010176.001103
11. Dobson A, Kutz S, Pascual M, Winfree R. Pathogens and parasites in a changing climate. In: Hannah

L, Lovejoy T. (eds.) *Climate Change and Biodiversity: Synergistic Impacts*, *Advances in Applied Biodiversity Science*. Washington, USA: Centre for Applied Biodiversity Science, Conservation International; 2003. p. 33–38.

12. Dorny P, Praet N, Deckers N, Gabbriel S. Emerging food-borne parasites. *Vet Parasitol*. 2009; 163(3):196–206. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.05.026

13. Dobson AP, May RM. Patterns of invasions by pathogens and parasites. In: Mooney HA, Drake JA. (eds.) *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. New York: Springer-Verlag; 1986. p. 58–76.

14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Distribution and impact of helminth diseases of livestock in the different countries*. Available from: <http://www.fao.org/3/T0584E/T0584E01.htm> [Accessed 2 January 2020].

15. Chilaev SS. Seasonal and age dynamics of ecto- and endoparasites of cattle in the Chechen Republic. In: *Proceedings of Russian Scientific and Practical Conference of VOG*. 2009. p. 259–262.

Об авторах:

Фатахов Курбан Фатахович — аспирант кафедры иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: fat.kurban1995@mail.ru
ORCID0000–0003–0427–8977

Девришов Давуд Абдулсемедович — доктор биологических наук, профессор, член-корр. РАН, заведующий кафедрой иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: davud@mgavm.ru

Литвинов Олег Борисович — доктор ветеринарных наук, профессор кафедры иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: dr.litvinoff@yandex.ru

About authors:

Fatakhov Kurban Fatakhovich — postgraduate student, Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23, Akademika Skryabina st., Moscow, Russian Federation, 109472; e-mail: fat.kurban1995@mail.ru
ORCID0000–0003–0427–8977

Devrishov Davud Abdulsemedovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23, Akademika Skryabina st., Moscow, Russian Federation, 109472; e-mail: davud@mgavm.ru

Litvinov Oleg Borisovich — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23, Akademika Skryabina st., Moscow, Russian Federation, 109472; e-mail: dr.litvinoff@yandex.ru

