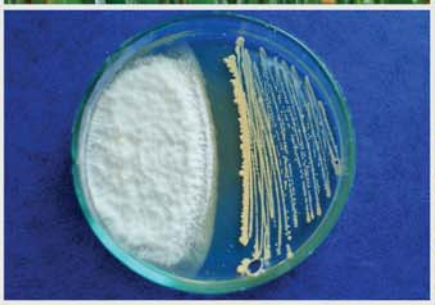
ISSN 0235-2451

3 2022 МАРТ

Достижения науки и техники АПК

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Директор Федерального научного центра биологической защиты растений, кандидат биологических наук АСАТУРОВА Анжела Михайловна (источник фото: ИД «Аргументы и факты АиФ»)

История Федерального научного центра биологической защиты растений берет свое начало в 60-х гг. XX в., когда в июле 1960 г. был создан Северо-Кавказский научно-исследовательский институт фитопатологии (СКНИИФ), который подчинялся Главному научно-производственному управлению биологической промышленности Государственной комиссии Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам. Основной задачей учреждения была разработка защиты культурных растений от вредных организмов, представляющих повышенную опасность для сельскохозяйственного производства страны и региона, в том числе от малоизвестных заболеваний. Институт имел 3 лабораторных корпуса, 8 теплиц, 2 вегетационных домика и около 300 га пахотной земли.

Следующим этапом в истории центра стало создание в 1992 г. на базе СКНИИФ Всероссийского научно-исследовательского института биологической защиты растений Россельхозакадемии, ведущего научного центра Российской Федерации по биологической защите растений и экологизации земледелия. Институт проводил исследования в рамках 4 заданий, 13 этапов, 17 подэтапов Федеральной Программы фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. В 23 подразделениях учреждения трудились 250 сотрудников. Географическая сеть института была представлена Северо-Кубанским, Новосибирским, Кавминводским и Славянским опорными пунктами.

В сентябре 2020 г. в результате реорганизации ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений» в форме присоединения к нему ФГБНУ «Лазаревская опытная станция защиты растений» был создан ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», которым сегодня руководит кандидат биологических наук А. М. Асатурова.

ISSN 0235-2451

Достижения науки и техники АПК

Ежемесячный
теоретический
и научно-практический
журнал

Учрежден Министерством
сельского хозяйства РФ
и ООО «Редакция журнала
«Достижения науки и техники АПК»

Основан в июле 1987 года

3, март, 2022, том 36

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Коршунов А.В. доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН (Москва, Россия)

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Балакирев Н. А. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, зав. кафедрой Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина (Москва, Россия)

Баталова Г. А. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заместитель директора Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (Киров, Россия)

Бунин М. С. доктор сельскохозяйственных наук, директор ЦНСХБ (Москва, Россия)

Васенев И. И. доктор биологических наук, заведующий кафедрой РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Ганиева И. А. доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского института аграрных проблем и информатики имени А. А. Никонова (Москва, Россия)

Гудковский В. А. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, зав. отделом Федерального научного центра им. И.В. Мичурина (Мичуринск, Россия)

Гулюкин М. И. доктор ветеринарных наук, академик РАН, заведующий отделом ВНИИ экспериментальной ветеринарии (ВИЭВ) (Москва, Россия)

Завалин А. А. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, зав. лабораторией агрохимии азота и биологического азота ВНИИ агрохимии (Москва, Россия)

Завражнов А. И. доктор технических наук, академик РАН, главный научный сотрудник Мичуринского ГАУ (Мичуринск, Россия)

Зиновьева Н. А. доктор биологических наук, академик РАН, директор ВИЖ имени Л.К. Эрнста (Москва, Россия)

Калашников В. В. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель ВНИИ коневодства (Рязань, Россия)

Каличкин В. К. доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН (Новосибирск, Россия)

Лачуга Ю. Ф. доктор технических наук, академик РАН, академик-секретарь Отделения сельского хозяйства РАН (Москва, Россия)

Лобачевский Я. П. доктор технических наук, академик РАН, первый заместитель директора Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва, Россия)

Лукин Н. Д. доктор технических наук, заместитель директора ВНИИ крахмалопродуктов – филиала Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха (Москва, Россия)

Лукин С. В. доктор сельскохозяйственных наук, профессор Белгородского государственного национального исследовательского университета (Белгород, Россия)

Лукомец В. М. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор ВНИИ масличных культур (Краснодар, Россия)

Мазитов Н. К. доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор Казанского ГАУ (Казань, Россия)

Надежкин С. М. доктор биологических наук, заместитель директора ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (Москва, Россия)

Синеговская В. Т. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник ВНИИ сои (Благовещенск, Россия)

Солошенко В. А. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологии РАН (Новосибирск, Россия)

Сысуев В. А. доктор технических наук, академик РАН, научный руководитель Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (Киров, Россия)

Тютюнов С. И. доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор Белгородского Федерального аграрного научного центра РАН (Белгород, Россия)

Харченко П. Н. доктор биологических наук, академик РАН, научный руководитель ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии (Москва, Россия)

Шкиль Н. А. доктор ветеринарных наук, заведующий лабораторией Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шоба С. А. доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, зав. кафедрой МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Юлдашбаев Ю. А. доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, декан факультета зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва, Россия)

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Валентини Р. профессор, Университет Тушия (Витербо, Италия)

Фернандо О. Гарсиа доктор наук, директор по Латинской Америке и странам Южного конуса Международного института питания растений (Акассусо, Аргентина)

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Полные тексты статей доступны на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru.

Адрес редакции:
107996, ГСП-6, Москва, Б-78,
Садовая-Спасская, 18
«Достижения науки и техники АПК»
Почтовый адрес:
101000, г.Москва, Моспочтамт, а/я 166
http://www.agroapk.ru
E-mail: agroapk@mail.ru

Журнал зарегистрирован
в Министерстве печати
и информации
Российской Федерации
регистрационный номер
ПИ №77-7665 от 30 марта 2001 года

Отпечатано в типографии
ООО «САМ Полиграфист»
109316, г. Москва, Волгоградский проспект,
42, корп. 5.
Заказ
Перепечатка материалов
только с письменного разрешения редакции

ISSN 0235-2451

Monthly theoretical
and scientific practical journal

"Achievements of Science and Technology in Agribusiness" was founded by the Ministry of Agriculture of Russian Federation and OOO "Editorial Board of the Journal "Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex"

"Achievements of Science and Technology in Agribusiness"
was founded in July 1987.

Achievements of Science and Technology in Agribusiness

3, March, 2022, vol. 36

The journal is included in the List of Leading Reviewed Scientific Journals and Publications, where the main scientific results of doctoral and Ph.D. theses must be published.

The journal is indexed in the Russian Science Citation Index (RSCI) database on the Web of Science platform

EDITOR-IN-CHIEF

Korshunov A.V. Doctor of Sciences (agriculture), corresponding member of the Russian Academy of Sciences

EDITORIAL BOARD

Balakirev N. A. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, head of department of the K. I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K. I. Skryabin MVA (Moscow, Russia)

Batalova G. A. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, deputy director of the N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East (Kirov, Russia)

Bunin M. S. Doctor of Sciences (agriculture), director of the Central Scientific Agricultural Library (Moscow, Russia)

Ganieva I. A. Doctor of Sciences (economics), leading research fellow of the A. A. Nikonov All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics (Moscow, Russia)

Gudkovskii V. A. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, head of division of the I. V. Michurin Federal Scientific Center (Michurinsk, Russia)

Gulyukin M. I. Doctor of Sciences (veterinary science), member of the Russian Academy of Sciences, director of the All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Science (Moscow, Russia)

Kalashnikov V. V. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of the All-Russian Research Institute of Horse Breeding (Ryazan, Russia)

Kalichkin V. K. Doctor of Sciences (agriculture), chief research fellow of the Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnology of the RAS (SFRCA of the RAS) (Novosibirsk, Russia)

Kharchenko P. N. Doctor of Science (biology), member of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of the All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology (Moscow, Russia)

Lachuga Yu. F. Doctor of Sciences (engineering), member of the Russian Academy of Sciences, academician-secretary of the Department of Agriculture of the RAS (Moscow, Russia)

Lobachevskii Ya. P. Doctor of Sciences (engineering), member of the Russian Academy of Sciences, deputy director of the Federal Scientific Agricultural Engineering Center of All-Russian Mechanization Institute (Moscow, Russia)

Lukin N. D. Doctor of Sciences (engineering), deputy director of the All-Russian Research Institute of Starch Products, the branch of the Lorkh Federal Research Center of Potato Breeding (Moscow, Russia)

Lukin S. V. Doctor of Sciences (agriculture), professor of Belgorod State National Research University (Belgorod, Russia)

Lukomets V. M. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, director V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (Krasnodar, Russia)

Mazitov N. K. Doctor of Sciences (engineering), corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor of Kazan State Agrarian University (Kazan, Russia)

Nadezhkin S. M. Doctor of Science (biology), deputy director, All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (Moscow, Russia)

Shkil' N. A. Doctor of Sciences (veterinary science), deputy director, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East of the Siberian Federal Science Center of Agricultural Biotechnology of the RAS (Novosibirsk, Russia)

Shoba S. A. Doctor of Sciences (biology), corresponding member of the Russian Academy of Sciences, head of department of the Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Sinegovskaya V. T. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, chief research fellow of the All-Russian Research Institute of Soybean Breeding (Blagoveshchensk, Russia)

Soloshenko V. A. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, chief research fellow of the Siberian Federal Research Center of Agricultural Biotechnology of the RAS (Novosibirsk, Russia)

Sysuev V. A. Doctor of Sciences (engineering), member of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of the N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East (FASC of the North-East) (Kirov, Russia)

Tyutyunov S. I. Doctor of Sciences (agriculture), corresponding member of the Russian Academy of Sciences, director of the Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the RAS (Belgorod, Russia)

Vasenev I. I. Doctor of Science (biology), head of department, of Russian State Agrarian University – Ti¬miryazev Moscow Agricultural Academy (Moscow, Russia)

Yuldashbaev Yu. A. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, dean of zootechnics and biology of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

Zavalin A. A. Doctor of Sciences (agriculture), member of the Russian Academy of Sciences, head of laboratory of Agrochemistry of Nitrogen and Biological Nitrogen of the All-Russian Research Institute of Agrochemistry (Moscow, Russia)

Zavrazhnov A. I. Doctor of Sciences (engineering), member of the Russian Academy of Sciences, chief research fellow of Michurinsk State Agrarian University (Michurinsk, Russia)

Zinov'eva N. A. Doctor of Sciense (biology), member of the RAS, L.K. Ernst All-Russian Research Institute of Animal Husbandry (Moscow, Russia)

FOREIGN MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Fernando O. García Doctor of Sciences, Latin America-Southern Cone Director of International Plant Nutrition Institute (Argentina)

Valentini R. professor, University of Tuscia (Viterbo, Italia)

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI).
Full texts of articles are available on the site of electronic scientific library eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru.

Editorial Office:
The "Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex" Editorial Office
18 Sadovaya-Spasskaya, B78,
Moscow, GSP6, 107996
Address for the correspondence:
POB 166, Moscow post office, Moscow, 101000
http://www.agroapk.ru
Email: agroapk@mail.ru

The journal is registered in Ministry of Press and Information of Russian Federation, the registration number №777665 of March 30, 2001

It was printed in typography OOO "SAM Poligrafist", Volgogradskii prospekt, 42, korp. 5, Moscow, 109316
Order
Reprinting of materials is allowed only by written authorization of the Editorial Board

СОДЕРЖАНИЕ

А.М. Асатурова, Е. В. Кашутина, В.Д. Надыкта. Федеральный научный центр биологической защиты растений 5

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

М. С. Гвоздева, Г. В. Волкова. Защита озимой пшеницы от комплекса заболеваний в условиях центральной зоны Краснодарского края с преимущественным использованием биологических фунгицидов 18

С. Н. Нековаль, А. В. Захарченко, А. К. Чурикова, О. А. Маскаленко, В. Д. Надыкта. Применение микробиологических препаратов при возделывании арбуза 26

А. А. Пачкин, О. Ю. Кремнева, М. В. Иванисова, А. В. Пономарев, Р. Ю. Данилов. Мониторинг экономически значимых фитофагов сельскохозяйственных культур с использованием различных устройств.....33

И. С. Агасьева, В. Я. Исмаилов, М. В. Нефедова, А. С. Настасий, Е. О. Голобородько. Изучение межвидовой химической коммуникации для синхронного регулирования численности основных вредителей яблони 39

А. А. Цыгичко, А. М. Асатурова. Скрининг новых штаммов вируса гранулёза в отношении большой восковой моли *Galleria mellonella* 45

Е. Ю. Гырнец (Бондарчук), А. М. Асатурова. Скрининг штаммов бактерий по критерию энтомопатогенной активности в отношении *Galleria mellonella* L. и *Tenebrio molitor* L. 53

Е. Н. Беседина, В. И. Киль. Генетическая изменчивость клопов-кружевниц (Hemiptera: Tingidae) в Краснодарском крае 61

Е. В. Кашутина, Т. Н. Игнатьева, Л. Н. Бугаева. Инвазивные виды фитофагов семейства огневок (Pyralidae) на Черноморском побережье Кавказа 65

А. П. Савва, Т. Н. Тележенко, В. А. Суворова, С. С. Ковалев. Противодвудольный гербицид Флекс, ВР для защиты посевов сои в Краснодарском крае 69

CONTENTS

A.M. Asaturova, E.V. Kashutina, V.D. Nadykta. Federal Scientific Center for Biological Plant Protection 5

AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

M. S. Gvozdeva, G. V. Volkova. Protection of winter wheat from a complex of diseases in the central zone of the Krasnodar Territory with the predominant use of biological fungicides 18

S. N. Nekoval, A.V. Zakharchenko, A. K. Churikova, O. A. Maskalenko, V. D. Nadykta. Use of microbiological preparations during the cultivation of watermelon 26

A. A. Pachkin, O. Yu. Kremneva, M. V. Ivanisova, A. V. Ponomarev, R. Yu. Danilov. Monitoring of economically valuable phytophages of crops using various devices 33

I. S. Agasyeva, V. Ya. Ismailov, M. V. Nefedova, A. S. Nastasy, E. O. Goloborodko. Interspecific chemical communication for synchronous regulation of the population of the apple tree main pests 39

A. A. Tsygichko, A. M. Asaturova. Screening of new strains of granulosis virus against the greater wax moth *Galleria mellonella* 45

E. Yu. Gyrnets (Bondarchuk), A. M. Asaturova. Screening of bacterial strains on the criterion of entomopathogenic activity against *Galleria mellonella* L. and *Tenebrio molitor* L. 53

E. N. Besedina, V. I. Kil. Genetic variability of lace bugs (Hemiptera: Tingidae) in the Krasnodar Territory 61

E. V. Kashutina, T. N. Ignatieva, L. N. Bugaeva. Invasive species of phytophages of the Pyralidae family on the Black Sea coast of the Caucasus 65

A. P. Savva, T. N. Telezhenko, V. A. Suvorova, S. S. Kovalev. Anti-dicotyledonous herbicide Flex, AS for the protection of soybean crops in the Krasnodar Territory 69

Ж. В. Кузикеев, В. А. Борадулина, Г. М. Мусалитин, А. П. Кузикеева. Формирование продуктивности и качества зерна сортов ярового ячменя в зависимости от норм высева и уровня азотного питания в лесостепи Алтайского края..... 74

Е. А. Трабурова, Т. А. Рожмина. Результаты изучения коллекционных образцов льна-долгунца в центральном регионе Нечерноземной зоны России..... 79

В. Г. Жуков, В. М. Чесноков, Н. Д. Лукин. Расчет наполнения почвы влагой капиллярной каймы вдоль ее высоты..... 85

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

В. С. Матюков, Я. А. Жариков, Л. А. Канева. Генетическая структура печорской популяции полутонкорунных овец по аллелям STR локусов 91

МЕХАНИЗАЦИЯ

Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян, С. А. Копылова. Использование цифровых технологий в растениеводстве для хранения и анализа данных истории полей..... 97

Zh. V. Kuzikeev, V. A. Boradulina, G. M. Musalitin, A. P. Kuzikeeva. Formation of productivity and grain quality of spring barley varieties depending on the seeding rates and the level of nitrogen nutrition in the forest-steppe of the Altai Territory 74

E. A. Traburova, T. A. Rozhmina. Examination results of fiber flax samples in the central region of the Non-chernozem zone of Russia 79

V. Gr. Zhukov, V.M. Chesnokov, N. D. Lukin. Calculation of soil filling with capillary fringe water along its height 85

ANIMAL AND VETERINARY SCIENCE

V.S. Matyukov, Y.A. Zharikov, L.A. Kaneva. Genetic structure of the Pechora population of semifine-wool sheep by alleles of STR-loci 91

MECHANIZATION

N. V. Stepnykh, E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan, S. A. Kopylova. Using digital technologies in crop production to store and analyse field history data..... 97

Федеральный научный центр биологической защиты растений

А.М. АСАТУРОВА, Е. В. КАШУТИНА, В.Д. НАДЫКТА

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection

A.M. Asaturova, E.V. Kashutina, V.D. Nadykta

Федеральному научному центру биологической защиты растений 60 лет. История его основания уходит к началу 60-х гг. XX в. В июле 1960 г. был создан Северо-Кавказский научно-исследовательский институт фитопатологии (СКНИИФ) и подчинялся он Главному научно-производственному управлению биологической промышленности Государственной комиссии Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам. Учреждение было создано для разработки защиты культурных растений от вредных организмов, представляющих повышенную опасность для сельскохозяйственного производства страны и региона, в том числе от малоизвестных заболеваний.

В соответствии с основными задачами и с учетом региональных условий СКНИИФ выполнял исследования, связанные с выявлением очагов возникновения грибных заболеваний, разработкой методов сигнализации и их прогноза, изучением условий их распространения, в том числе эпифитотийного, на территории Северного Кавказа и Юга Европейской части страны; изучением расового состава возбудителей грибных заболеваний зерновых культур, наработкой инфекционного материала природных популяций и разработкой методов его хранения для обеспечения инокулюмом селекционных центров и научно-исследовательских учреждений страны в интересах селекционной практики; разработкой технических средств индикации спор фитопатогенных грибов и регистрации метеорологических параметров среди растений с целью диагностики и прогнозирования экономически значимых заболеваний основных сельскохозяйственных культур; авиационным контролем фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур на территории Северного Кавказа, Юга Европейской части страны, Западной Сибири и других регионов СССР; синтезом и изучением новых и перспективных пестицидов для борьбы с болезнями, вредителями, сорной растительностью сельскохозяйственных культур; радиобиологическими исследованиями с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур; разработкой методов культивирования хищных насекомых на искусственных питательных средах и способов долгосрочного хранения энтомофагов для использования в качестве средств биологической защиты сельскохозяйственных растений от вредителей; совершенствованием и распространением интегрированных систем защиты растений на основе рационального сочетания химических и биологических средств и методов с целью производства экологически безопасной продукции для детского и диетического питания.

С 1961 по 1986 гг. директором СКНИИФ был Евгений Дмитриевич Руднев (фото 1). Под его пристальным вниманием и непосредственном участии разрабатывали планы и вели строительство зданий и сооружений института, а также жилого микрорайона им. Н.И. Вавилова. За трудовые успехи Е.Д. Руднев награжден тремя орденами Трудового Красного знамени, орденом Октябрьской революции, орденом Ленина, медалями За трудовую доблесть и Доблестный труд. Его запомнили как прекрасного человека, талантливого руководителя и организатора. В эти годы за достигнутые успехи коллективу института дважды присуждали грамоты и переходящие Красные знамена Совета министров СССР.

Фото 1. Е.Д. Руднев, кандидат сельскохозяйственных наук, директор СКНИИФ с 1961 по 1986 гг.

История становления и развития СКНИИФ связана с именами таких выдающихся ученых, как В.В. Бабин, А.С. Кайдаш, Е.Ф. Гранин, А.А. Сергеев, В.В. Чигрин, В.И. Князев, Г.Н. Шибанов, Е.М. Степанов, Г.А. Краева, В.Г. Маликов, В.И. Терехов, Т.Д. Захряпина, И.Н. Олещенко, Е.П. Угрюмов, В.П. Дубоносов, С.С. Санин, Л.А. Смирнова, Е.Д. Хлистовский, О.И. Буфатин и др., которые внесли существенный теоретический и практический вклад в реализацию достижений отечественной науки в области защиты растений.

Большой вклад в развитие инфраструктуры института в 60–70 гг. внесли работники строительной, инженерно-технической и административно-хозяйственной служб – В.Г. Батюта, К.В. Адамов, А.М. Пивоварова, П.В. Скоробогатченко, П.М. Зуй, М.Н. Дмитриенко, Л.Н. Кандауров, В.П. Московец, Ф.И. Свириденко, Е.И. Старина и многие другие.

Институт имел 3 лабораторных корпуса, 8 теплиц, 2 вегетационных домика и около 300 га пахотной земли.

Ученые института выполняли большой объем исследований по прогнозированию развития наиболее опасных заболеваний сельскохозяйственных культур – ржавчины, мучнистой росы, септориоза и фузариоза пшеницы, пирикуляриоза риса, фитофтороза томатов и картофеля, пероноспороза огурцов, сосудистого бактериоза капусты и др. Ежегодно сотрудники лабораторий грибных болезней зерновых культур (руководитель к.с.-х.н. А.С. Кайдаш) и биометрического анализа (руководитель

д.с.-х.н. В.И. Терехов) с заблаговременностью в четыре месяца составляли фоновый прогноз развития бурой ржавчины озимой пшеницы для европейской территории страны (на площади около 13 млн. га). Творческие усилия коллектива были направлены на разработку и совершенствование методов прогноза основных болезней и других сельскохозяйственных культур. Так, разработанные математические модели краткосрочного и долгосрочного прогнозов развития пирикуляриоза риса позволяли объективно оценивать возможные потери урожая культуры и обоснованно принимать решение о целесообразности применения фунгицидов. Результаты этой работы использовали и рисоводы Крыма. На созданных с участием института трех пунктах прогноза в Краснoперекопском районе благодаря правильным прогнозам и своевременному проведению защитных мероприятий урожайность этой культуры была выше, чем в окружающих районах, на 16…20 ц/га. Были изданы «Методические указания по разработке прогноза развития пирикуляриоза и мероприятия по борьбе с ним на посевах риса» (1989). Разработана технология химической защиты риса от пирикуляриоза на основе малообъемного авиаопрыскивания с использованием современных фунгицидов, освоенная на площади более 60 тыс. га (лаборатория химических методов защиты растений, руководитель к.с.-х.н. Е.Ф. Гранин).

Для оснащения службы прогнозов аппаратурой, необходимой для сбора информации о патогенезе и экологических ресурсах, был разработан ряд метеорологических и спороулавливающих приборов (лаборатория технологических процессов и аппаратов, руководитель к.б.н. Ю.Г. Соколов, ведущие научные сотрудники к.т.н. В.Т. Садковский, Н.А. Евсюков). В частности, для прогнозирования сроков проявления болезней растений и определения сроков обработки посевов фунгицидами совместно с НПО «Селекционная техника» созданы терморосограф ТРГ, предназначенный для синхронной регистрации температуры воздуха в травостое и продолжительности периодов капельно-жидкого увлажнения растений; автоматический прибор «Плант», обеспечивающий регистрацию не только продолжительности увлажнения вегетативных органов растений, но и количества влаги; спороуловитель суточного действия ССД и определитель заспоренности растений ОЗР, предназначенные для обнаружения спор фитопатогенных грибов в воздухе и на посевах сельскохозяйственных растений и определения суточной динамики заспоренности воздуха. Совместно с НПО «Агроприбор» был разработан и выпускался промышленными партиями сигнализатор заболевания растений СЗР-1, обеспечивающий регистрацию важнейших параметров фитоклимата и выдачу их по запросу на дисплее. Была выпущена малой серией разработанная в институте лаборатория авиационной разведки заспоренности атмосферы (на базе прибора ПАРЗ-1М), предназначенная для контроля возбудителей ржавчинных и других болезней. Результаты авиаобследования территорий Северного Кавказа, Нижнего Поволжья, УССР и МССР оперативно передавались в зональные и республиканские агропромы (лаборатория аэробиологии, руководитель академик РАН, д.с.-х.н. С.С. Санин, затем к.с.-х.н. В.П. Чуприна).

В лаборатории генетики иммунитета, возглавляемой к.б.н. Л.А. Смирновой, затем к.б.н. Л.К. Анпилоговой, были определены генетико-статистические подходы для прогнозирования исходных частот 23 генов вирулентности стеблевой ржавчины и параметры, необходимые для прогнозирования численности и соотношения рас стеблевой и бурой ржавчины пшеницы. Для селекционных учреждений Северного Кавказа были разработаны математические модели конкуренции рас названных возбудителей, составлен долгосрочный прогноз их расового и биотипного состава (совместно с лабораторией биометрического анализа, руководитель д.с.-х.н. В.И. Терехов).

Сотрудники института проводили оценку мировой коллекции сортов озимой и яровой пшеницы на устойчивость к бурой, желтой, стеблевой ржавчинам и к мучнистой росе. Семена наиболее ценных сортообразцов передавали заинтересованным учреждениям для дальнейшего использования. У ряда форм были выявлены эффективные гены устойчивости, перспективные для использования в селекции пшеницы на иммунитет к перечисленным болезням. Созданы несколько десятков линий озимой пшеницы с групповой устойчивостью к трем видам ржавчины и четыре ржавчиноустойчивых сорта озимой пшеницы: Запорожская 60, Запорожская остистая, Прикумская 55 и 63. Предложены моногенные линии пшеницы для дифференциации рас возбудителей желтой и стеблевой ржавчины. При институте функционировал межрегиональный питомник по желтой ржавчине пшеницы (лаборатории генетики иммунитета, руководитель к.б.н. Л.К. Анпилогова, и грибных болезней зерновых культур, руководитель к.с.-х.н. В.И. Бессмельцев).

В течение многих лет, начиная с 1967 г., проводятся исследования по идентификации, синтезу и методам применения половых феромонов насекомых и других БАВ природного происхождения. Они были начаты по инициативе известного ученого-энтомолога Е.М. Степанова, с именем которого связано становление биологического метода защиты растений в СССР и развитие ряда направлений биозащиты в институте, что во многом определило трансформацию СКНИИФ во Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. В результате многолетней НИР были идентифицированы половые феромоны 9 видов жуков-щелкунов рода Agriotes, минорные компоненты ряда вредных чешуекрылых, феромоны тревоги 7 видов тлей и др. Разработаны методы синтеза и препаративные формы феромонов для 37 видов насекомых. Впервые были предложены оригинальные способы применения феромонов, основанные на автодезориентации и диссеминации феромонов, автодиссеминации энтомопатогенов (Исмаилов и др., 1986, 1994, 2010, 2016, 2021). Была проведена широкая производственная оценка синтетических половых феромонов и их препаративных форм для 6 видов жуков щелкунов, яблонной плодожорки, гвоздевой листовертки, свекловичной минирующей моли, озимой, восклицательной и хлопковой совок, акациевой огневки и злаковой листовертки на площади более 1 млн. га. Разработаны универсальные конструкции феромонных ловушек, позволяющие проводить синхронный отлов нескольких видов насекомых. В разные годы неоценимый вклад в проведение исследований внесли И.Н. Олещенко, В.Я. Исмаилов, В.Г. Яцынин, С.В. Журавлев, И.И. Иващенко, В.С. Сеничев, П.А. Гайдаров.

Большой объем работ выполнялся по совершенствованию химического метода защиты растений, поиску новых высокоэффективных фунгицидов. Ежегодно подвергали скринингу более 1000 новых химических соединений, среди которых были и продукты микробного синтеза (лабо-

ратория химических методов защиты растений, руководитель к.с.-х.н. Е.Ф. Гранин).

Сотрудники лаборатории гербицидов (руководитель д.б.н. Е.П. Угрюмов) проводили изыскания (совместно с лабораторией синтеза пестицидов, руководитель к.х.н. В.В. Бабин) новых гербицидов и изучали возможности их практического использования. Кроме того, они осуществляли научное обоснование порогов вредоносности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур на территории Северного Кавказа, изучали свойства и эффективность вводимых в сельскохозяйственную практику гербицидов с учетом почвенных и гидротермических условий зоны.

Особенности миграции радионуклидов, тяжелых металлов и других токсических веществ в системах «почва-растение» и «вода-растение» изучали в лаборатории радиационной и химической экологии (руководитель к.с.-х.н. В.Г. Маликов). Ее сотрудники разрабатывали мероприятия по профилактике и уменьшению негативных последствий антропогенных загрязнений для агрофитоценозов, участвовали в работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

В ходе разработки биологического метода защиты растений в рамках общесоюзной научно-технической программы в институте проводили пионерские исследования по размножению насекомых на искусственных питательных средах и повышению их продуктивности (лаборатория массового разведения насекомых, руководитель д.б.н. Е.Д. Хлистовский). В нашей стране в 70-80 гг. наиболее широко использовали биопрепарат на основе трихограммы, который применяли на площади более 15 млн. га. Удалось подобрать биостимулятор, который при введении в пищевую среду гусениц и имаго зерновой моли (основного хозяина трихограммы при разведении на биофабриках) не только в 1,5 раза повышал плодовитость бабочек зерновой моли и качество откладываемых ими яиц, но и приводил к улучшению биохимических показателей разводимой на них трихограммы. Для устранения сезонности работ биофабрик, производящих трихограмму, и перевода их на круглогодичную работу, были разработаны методы криоконсервирования, длительного хранения и реконсервации яиц зерновой моли (авторы Е.Д. Хлистовский, В.Г. Геннадиев, Л.А. Попов). Разработанное оригинальное высокопроизводительное устройство для замораживания и размораживания яиц зерновой моли было внедрено на многих крупнейших биофабриках страны.

Именно в тот период в СССР и за рубежом возрос интерес к новому перспективному энтомофагу – хищному клопу подизусу. Широкомасштабные полевые опыты показали, что он существенно снижает численность таких опасных вредителей, как колорадский жук, американская белая бабочка, яблонная и восточная плодожорка, кукурузный мотылек. Как оказалось, хищные клопы наиболее эффективны при использовании методом сезонной колонизации. Впервые в мировой практике была доказана возможность выращивания хищных клопов на искусственных питательных средах.

Учеными СКНИИФ было получено более 400 авторских свидетельств на изобретения. Были подготовлены и изданы (самостоятельно и совместно с другими учреждениями) монографии, рекомендации, методические указания.

При этом исследования, проводимые учеными СКНИИФ, тематически были связаны со всеми направлениями фитосанитарии, учитывали проблемы не только южного, но и других регионов страны, наличие главенствующих особо вредоносных видов, предусматривали согласованную методологию работ, были объединены общебиологическими подходами и включали прикладные аспекты интегрированных систем защиты растений на основе рационального сочетания химических и биологических методов. Все это предопределило развитие института на многие годы вперед.

В 1992 г. на базе СКНИИФ создан Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИБЗР РАСХН) – ведущий научный центр Российской Федерации по биологической защите растений и экологизации земледелия. Институт проводил научно-исследовательские работы в рамках 4 заданий, 13 этапов, 17 подэтапов Федеральной программы фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. В 23 подразделениях учреждения трудились 250 сотрудников. Географическая сеть института была представлена Северо-Кубанским, Новосибирским, Кавминводским, Славянским опорными пунктами. Подготовка высококвалифицированных специалистов осуществлялась в аспирантуре очного и заочного обучения по специальности 06.01.07 «Защита растений».

Основными направлениями исследований были: научное обоснование биологизации и оценки экотоксикологической обстановки агробиоценозов; создание системы прогнозов опасных фитосанитарных ситуаций; создание и распространение новых биологических и других экологически безопасных и малоопасных средств и методов защиты растений; разработка технологий создания и использования сортов сельскохозяйственных культур, обладающих высокой сопротивляемостью к вредным организмам; фундаментальные исследования в области таксономии, ценологии и экологии энтомофагов и других представителей полезной биоты, механизмов естественной биорегуляции агроэкосистем; разработка технологий производства и применения биологических средств защиты растений на основе энтомоакарифагов, энтомопатогенных организмов, гербифагов и микробов, ингибирующих жизнедеятельность фитопатогенов.

Сотрудники лаборатории регуляторов роста растений (руководитель д.х.н. В.Д. Стрелков) синтезировали 24 новых соединения – аналоги природных БАВ, у 5 из которых выявлена антидотная активность в отношении гербицидов, снижающая фитотоксичность 2,4-Д на подсолнечнике на 32…37 %. Исследования были направлены на предотвращение чрезвычайных ситуаций, возникающих при сносе гербицидов в ходе авиа- и других обработок и в случае их использования для агротерроризма.

Были разработаны элементы технологии защиты пшеницы от сорняков и болезней на основе интеграции гербицидов с биопрепаратами, позволяющие снизить вредоносность корневых и листовых патогенов на 50…60 %, повысить урожайность на 10…15 % и содержание клейковины в зерне на 2,0…2,5 %. В результате полевых и производственных испытаний, проведенных в лабораториях интегрированной защиты растений (руководитель д.с.-х.н. В.Е. Болахоненков) и биологически активных веществ (руководитель к.х.н. В.Я. Каклюгин), получены новые данные по стабильному росту показателей продуктивности и качества урожая сельскохозяйственных культур при использовании ростиммуностимуляторов, биофунгицидов

и физических методов защиты растений. Установлено, что применение препаратов на основе растительных терпенов линалоола, терпинеола и анетола приводит к достоверному увеличению количественных и качественных показателей роста, развития и урожайности озимой пшеницы, сои и кукурузы.

Сотрудники лаборатории идентификации и синтеза феромонов (руководитель к.х.н. С.В. Журавлев) разработали новый метод синтеза основного компонента феромонов южной амбарной, шоколадной и мельничной огневок. Для исследования химической коммуникации колорадского жука были синтезированы или выделены из природного сырья репелленты вредителя и проведены их первичные испытания. Результаты скрининга смеси этих веществ показали, что численность колорадского жука на обработанных репеллентами растениях сокращается в 4…5 раз, по сравнению с необработанными. Проведены исследования по разработке методов синтеза феромонов карантинных вредителей, как ограниченно распространенных, так и отсутствующих на территории Российской Федерации. Изучена химическая коммуникация мышевидных грызунов для повышения аттрактивности отравляющих приманок. В этих целях были синтезированы и испытаны фарнезилацетат и изовалериат, основные компоненты феромонов мышей. По результатам полевых испытаний их биологическая эффективность при дозе 5 мг на 1 кг отравляющей приманки варьировала от 75 до 95 %. Были продолжены исследования по разработке препаративных форм феромонов и устройств для регулирования численности вредителей методами нарушения репродуктивных связей; завершен цикл работ по технологиям дезориентации яблонной, сливовой и восточной плодожорок, синтезу и применению феромонов хлопковой, озимой, капустной совок, гроздевой листовертки и других вредителей.

В результате исследований сотрудников лаборатории поддержания Государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений (руководитель к.б.н. И.С. Агасьева) разработаны методы получения стартовых популяций энтомофагов, благодаря которым коллекция была пополнена многими видами энтомоакарифагов тлей, белокрылок, клещей, трипсов, колорадского жука, яблонной плодожорки и др. Определены оптимальные режимы краткосрочного и долгосрочного хранения 7 видов энтомофагов. Разработаны технологии лабораторного разведения ряда энтомофагов и проведена оценка их биологической эффективности против вредителей. Впервые открыт феномен акклиматизации и воспроизводства в природных условиях хищного клопа периллюса, который способен полностью подавлять размножение и вредоносность колорадского жука. На основании проведенных исследований подготовлены технические условия, технологические регламенты и паспорта на производство 6 видов энтомофагов.

Сотрудники лаборатории токсиногенных микроорганизмов и биобезопасности сельскохозяйственной продукции (руководитель к.б.н. О.А. Монастырский) создали экспериментальные образцы биопрепаратов на основе ультранизких концентраций гормонов растений, феромонов грибов, фунгицидов и биоагентов для защиты злаковых культур от токсинообразующих микроорганизмов. Установлено, что предпосевная обработка зерна биопрепаратами ингибирует развитие корневых гнилей, снижает заражение вегетирующих растений листовыми болезнями, а также фузариозом колоса. Выявлено, что перед закладкой на хранение обработка зерна биопрепаратами дизофунгин плюс и батан С, а также композициями ультранизких концентраций салициловой кислоты и некоторых фунгицидов снижает исходную пораженность зерна альтернариозом и фузариозом в 2 раза и подавляет развитие пенициллеза. У защищенного зерна пшеницы уменьшалась активность протеолитических ферментов, что снижает вероятность самосогревания зерна при неблагоприятных биологических и климатических воздействиях в период хранения. Изучено влияние бактерий, выделенных из филлопланы злаков, на развитие фузариоза колоса пшеницы и накопление в урожае микотоксинов. Обработка растений пшеницы разработанными препаратами повышала активность ферментов фенольного обмена, увеличивала накопление фунгитоксичных соединений и снижала накопление ДОН от 23 до 36 %, по отношению к контрольному варианту. На основе проведенных экспериментов предложена принципиальная схема принятия решения об использовании биотехнологии защиты хранящегося зерна от поражения паразитарными комплексами токсинообразующих микроорганизмов.

В Новосибирском опорном пункте ВНИИБЗР (руководитель д.б.н. М.В. Штерншис) проведены исследования по разработке технологии применения перспективных биологических средств защиты растений для защиты картофеля от вредителей и болезней в условиях Западной Сибири.

В результате исследований, выполненных сотрудниками лаборатории массового размножения и применения энтомоакарифагов (руководитель Ж.А. Ширинян), разработана агротехнология беспестицидной защиты зерновых колосовых культур от вредной черепашки на основе активизации и расширенного воспроизводства яйцепаразитов. Приемы поддержания оптимального фитосанитарного состояния ценоза пшеницы основаны на создании флористического биоразнообразия энтомофильных и нектароносных культур, активизирующих массовое воспроизводство яйцеедов. Зараженность природными энтомофагами отложенных в кайромонно-кормовых площадках (ККП) яиц полосатого щитника достигала 72…75 %. Накопившиеся к осени и сохранившиеся после зимовки теленомины обеспечивали зараженность первых яйцекладок клопа-черепашки на 60…70 %, что давало возможность отменить химические обработки. В контрольных вариантах зараженность яиц клопа не превышала 27…32 %. Уточнение экономических порогов вредоносности (ЭПВ) и эколого-экономических порогов целесообразности (ЭЭПЦ) применения средств защиты растений против вредной черепашки в зависимости от уровня урожайности пшеницы позволило отказаться от проведения химических обработок на посевах озимой пшеницы (ОАО «Красная звезда» Белоглинского района Краснодарского края – базового хозяйства института) общей площадью 850 га без ущерба для урожая и его качества. Отмена химических обработок обеспечила экономию средств на защитные мероприятия в сумме 600 тыс. руб. Подготовлен технологический регламент воспроизводства паразитов-яйцеедов вредной черепашки в природных экосистемах.

Были разработаны технологические регламенты производства и применения бакуловирусных препаратов гранулеза яблонной плодожорки и ядерного полиэдроза хлопковой совки. Впервые установлена возможность использования гусениц вощинной моли вместо гусениц целевого вида-хозяина для произ-

водства вируса гранулеза яблонной плодожорки.

В рамках исследования по разработке зональной системы биоэкологизированной защиты томатов от хлопковой совки с использованием биопрепаратов бактериального, вирусного и гормонального происхождения установлена высокая биологическая эффективность лепидоцида производства Краснодарского биоцентра и экспериментального образца вирусного биопрепарата (ВЯП ХСК), созданного в институте. При этом поврежденность плодов, в сравнении с контролем (без защитных мероприятий), снижалась на 84…92 %. Использование бактериальных и вирусных препаратов давало возможность сохранить комплекс паразитов-энтомофагов, заражение гусениц хлопковой совки которыми достигало 26…37 %.

По результатам проведенных исследований составлены два оригинальных определителя, методические указания по выявлению, определению и путям использования паразитов вредителей подсолнечника и кукурузы.

Сотрудники лаборатории иммунитета зерновых культур к грибным болезням (руководитель д.б.н. Г.В. Волкова) изучали генетические механизмы взаимодействия в патосистеме хозяин-паразит. С этой целью исследован видовой и внутрипопуляционный состав возбудителей эпифитотийноопасных болезней пшеницы на юге России. Оценивали генетический потенциал вирулентности популяций возбудителей трех видов ржавчины, которые отличались значительным генетическим разнообразием и высокой вирулентностью. Выявлены эффективные гены устойчивости, способные защитить растение-хозяина на начальной стадии развития. Многолетние исследования дали представление о тенденциях и закономерностях изменений генотипического состава возбудителей болезней. На искусственных инфекционных фонах изучены иммунологические особенности 87 перспективных сортов озимой пшеницы по отношению к комплексу опасных заболеваний. Выявлены сорта, устойчивые к отдельным патогенам, а также 16 сортов, обладающих групповой устойчивостью. В ходе испытания образцов из коллекции ВИР выделен 81 источник устойчивости пшеницы к комплексу заболеваний (пятнистости, ржавчины), в том числе 19 образцов озимой и яровой пшеницы, обладающих групповой устойчивостью. Выявлены сорта озимой пшеницы с пониженным накоплением тяжелых металлов (Cd и Pb): Шара, Каравай, Легенда, Altos, Korund. Их возделывание может обеспечить производство более чистой продукции на загрязненных угодьях. Проверена реакция известных генов устойчивости пшеницы к возбудителям трех видов ржавчины. Выявлены гены, проявляющие высокую эффективность к патогенам. С использованием различных методов (фитопатологический, гибридологический, молекулярно-генетический) изучены генотипы 111 отечественных и зарубежных сортообразцов. Подготовлены 4 рекомендации и каталог источников устойчивости, предложенные для использования в селекционной и производственной практике.

Сотрудники лаборатории массового размножения и применения энтомоакарифагов (руководитель Ж.А. Ширинян) и сектора биотехнологии (руководитель к.с.-х.н. В.И. Киль) проводили исследования влияния ГМР на целевые и нецелевые объекты биоценозов. Впервые проведена оценка пролонгированного действия ГМ-картофеля на нецелевую биоту. Установлено, что молекулярно-генетическая структура и генетическое разнообразие популяции картофельной минирующей моли в условиях питания Bt-картофелем остаются неизменными на протяжении 20 генераций.

В лаборатории гербологии (руководитель к.б.н. А.П. Савва) выполнены исследования по оценке биологической эффективности и биобезопасности гербицидоустойчивых трансгенных растений, на основе которых подготовлены методические рекомендации.

Сотрудники Славянского опорного пункта (руководитель д.б.н. Л.П. Есипенко) провели исследования по разработке элементов биологического контроля амброзии полынолистной, направленные на усовершенствование рецептур ИПС и технологического регламента массового разведения гусениц амброзиевой совки. Разработанная ИПС отвечает всем необходимым требованиям и ее можно использовать в массовом производстве гербифага.

В лаборатории изучения и поддержания коллекции томатов (руководитель к.б.н. Н.А. Щербаков) поддерживалась и пополнялась создаваемыми гибридами генетическая коллекция томатов, состоящая из 672 образцов. Впервые проведена их комплексная морфоанатомическая, фотосинтетическая, биохимическая, цитогенетическая, молекулярно-генетическая оценка.

По результатам проведенного сотрудниками лаборатории фитосанитарного мониторинга (руководитель к.б.н. И.А. Костенко) совместно с рядом подразделений института разработана структура базы фитосанитарных данных посевов кукурузы, сахарной свеклы, риса, сои, озимого рапса и других культур**.** Подготовлена web-базирующаяся информационно-консультационная система в области биологической защиты растений для сельскохозяйственных производителей различных уровней.

Доктором биологических наук М.В. Столяровым проведена оценка влияния комплекса факторов на динамику численности и структуру очагов массового размножения стадных саранчовых на Юге России. Установлены основные критерии для регионального прогноза размножения итальянского пруса и азиатской саранчи.

Для фитосанитарного мониторинга привлекались компьютерные технологии (компьютерные базы данных, ГИС и др.), данные дистанционного гиперспектрального зондирования агроландшафтов. Работы проводились совместно с ФГУП «ЦНИИмаш» Роскосмоса.

Разработан перечень промышленного оборудования для использования в передвижной фитосанитарной лаборатории компьютерных цифровых технологий для анализа проб. Сотрудники лаборатории приборного и технического обеспечения биологической защиты растений (руководитель к.б.н. Ю.Г. Соколов, ведущие научные сотрудники к.т.н. В.Т. Садковский и Н.А. Евсюков) разработали и изготовили макет нового регистратора метеопараметров и контроля инфекционного начала для мониторинга болезней плодовых культур. Разработано технологическое оборудование для производства крупных партий феромонных ловушек и другое оригинальное оборудование для экспериментальной наработки биологических средств защиты растений.

Сотрудники ВНИИБЗР на полях базового хозяйства «Красная Звезда» Белоглинского района Краснодарского края внедрили экологизированную систему защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов (вредители, болезни, сорняки) с использованием новейших технологий фитосанитарного мониторинга и средств биологической защиты.

Актуальным направлением исследований была разработка приемов реабилитации почв, подверженных химической и биологической деградации. Физическая деградация наиболее ценных почв России – черноземов предкавказских, проявляющаяся в прогрессирующем уплотнении всего профиля, и аридизация климата – главные факторы, определяющие плодородие. Сотрудники лаборатории реабилитации почв (руководитель к.б.н. В.С. Белоусов) на стационарном участке провели многолетние исследования влияния технологий фитобиоремедиации на динамику влажности и физических свойств корнеобитаемого слоя (0...150 см). Разработанные технологические приемы с использованием сорговых культур были использованы для восстановления почв, подверженных нефтяному загрязнению.

На базе Кавминводского опорного пункта (руководитель д.с.-х.н. В.Г. Коваленков) изучали закономерности и условия формирования резистентности к современным пестицидам у гроздевой листовертки, красного плодового клеща, бронзовки мохнатой и японской виноградной цикадки. Показано, что после шестилетнего применения системы интегрированного контроля (с использованием биологических средств защиты растений) отмечена реверсия резистентности гроздевой листовертки и красного плодового клеща к пиретроидным и фосфорорганическим препаратам. Разработка и освоение элементов новой технологии интегрированной защиты с антирезистентной направленностью виноградной лозы позволила уменьшить расход пестицидов до 50 %. Она апробирована на площади 360 га плодоносящего виноградника. Использование такой технологии в ОАО «Вина Прикумья» Ставропольского края обеспечило формирование урожайности 102 ц/га, в то время как средняя урожайность по краю составила 38 ц/га. Разработаны многовариантные технологии интегрированной защиты зерновых, овощных, плодовых культур и виноградников с долей биосредств от 30 до 100 %. Организовано поточное производство микробиопрепаратов и энтомофагов, что позволило обеспечить применение биометода в Ставропольском крае на площади 110...150 тыс. га.

Сотрудники лаборатории агроценотического регулирования численности членистоногих (руководитель д.б.н. О.Д. Ниязов) на основе полученных экспериментальных данных обосновали оптимизацию систем защиты яблони и черешни от основных вредителей на основе использования методов нарушения репродуктивных функций с помощью феромонов и биорегуляторных, вирусных, бактериальных и других экологичных препаратов.

С 1986 по 1998 гг. институт возглавлял д.б.н., академик РАН Михаил Сергеевич Соколов (фото 2). Именно по его инициативе на базе СКНИИФ и был создан Всероссийский НИИ биологической защиты растений. При его активном и непосредственном административном и творческом участии была сформирована и стала активно осуществляться научная тематика института, организованы новые лаборатории и определены направления их научной деятельности, которые развиваются и сегодня. М.С. Соколов – крупнейший ученый в области экотоксикологии химических пестицидов и генно-инженерно-модифицированных организмов, экологического нормирования агроландшафтов и агроценозов, разработки фитосанитарных технологий и экологизации защиты растений. Он лично и в соавторстве опубликовал более 400 научных работ, в том числе 6 монографий и более 20 изобретений. В изданной в соавторстве монографии: «Экологизация защиты растений» Михаил Сергеевич обосновал пути и практические приемы получения экологически безопасного сельскохозяйственного сырья, пищевых продуктов и кормов в реальных условиях загрязнения агроландшафтов и агроценозов актуальными природными и антропогенными ксенобиотиками. По инициативе, при непосредственном участии и под общей редакцией М.С. Соколова было начато издание серии научных трудов под общим названием «Региональные рекомендации. Производство экологически безопасной продукции растениеводства», в выпусках которой обобщались результаты научных исследований большого числа отечественных и зарубежных ученых по этому направлению. Под его руководством была разработана и опубликована современная концепция биологической защиты растений.

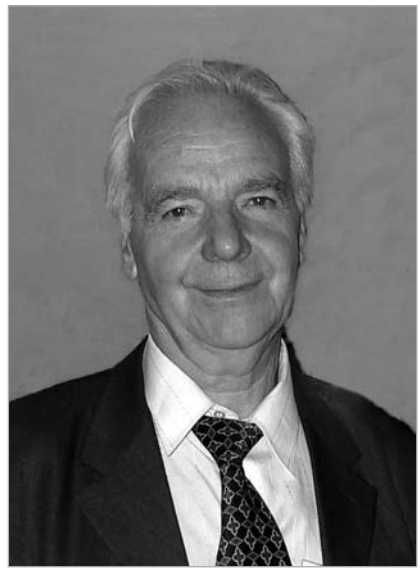


Фото 2. М.С. Соколов, академик РАН, директор ВНИИБЗР с 1986 по 1998 гг.

Фото 3. В. Д. Надыкта, академик РАН, директор ВНИИБЗР с 1998 по 2018 гг.

С 1998 по 2018 гг. институт возглавлял д.т.н., академик РАН Владимир Дмитриевич Надыкта (фото 3), который продолжил развитие основных направлений биологической защиты растений в стране. По его инициативе были организованы новые лаборатории: массового разведения и применения энтомофагов; агроценотического регулирования численности членистоногих; идентификации и синтеза феромонов; биологически активных веществ, Государственной коллекции энтомофагов и лаборатория создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов. Существовавшие ранее лаборатории переориентированы на биологическую защиту, создана географическая сеть опорных пунктов с программами биологического контроля вредных видов. В.Д. Надыкта возглавил актуальные исследования, посвященные биологической эффективности и биобезопасности генно-модифицированных (трансгенных) растений. Руководимый им коллектив – единственный

на Северном Кавказе, аттестованный МВК ГИД для работ с ГМР в полевых условиях. С участием Владимира Дмитриевича были разработаны и утверждены методические указания «Оценка безопасности генно-инженерно-модифицированных растений». Широкий резонанс получила проведенная в 2002 г. Международная научно-практическая конференция «Трансгенные растения – новое направление в биологической защите растений».

С 2004 г. В.Д. Надыкта инициировал проведение широких исследований ведущих лабораторий института в направлении разработки систем биологической защиты основных сельскохозяйственных культур для биоорганического земледелия.

В 2010 г. в институте основана лаборатория создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов (руководитель к.б.н. А.М. Асатурова), на базе которой сформирована коллекция полезных микроорганизмов (около 1000 культур), перспективных для использования в сельскохозяйственной практике. Проведены исследования по выделению, скринингу и селекции штаммов микроорганизмов с высокой антагонистической и рострегулирующей активностью, оценка эффективности перспективных агентов микробиологического контроля вредных организмов, исследование механизмов действия штаммов-продуцентов микробиопрепаратов, создание лабораторных образцов микробиопрепаратов. Разрабатываются регламенты производства препаративных форм микробиопрепаратов и регламенты их хранения.

По инициативе Владимира Дмитриевича во ВНИИБЗР была активизирована инновационная деятельность, создан соответствующий отдел (руководитель к.с.-х.н. С.А. Ермоленко), разработаны более 10 инновационных проектов. Для продвижения научных разработок в производство сотрудники отдела инновационной деятельности оценивают готовность к внедрению результатов завершенных научно-исследовательских работ и экономическую эффективность систем защиты растений, анализируют основные формы использования (коммерциализации) результатов исследований и разработок, проводят патентные исследования при планировании и выполнении научных разработок для повышения их технического уровня, обеспечения патентоспособности, патентной чистоты и конкурентоспособности.

Налажены международные связи, заключены международные соглашения и разработаны совместные проекты (Китай, Таиланд, США, Германия, Канада и др.). Привлечены для работы в институт специалисты высокой квалификации с мировым именем. В целях всестороннего обсуждения вопросов научного обеспечения и освоения АПК России новейших достижений биотехнологии и биологической защиты растений по инициативе и при активном участии В.Д. Надыкты на базе института с 2002 г. и затем каждые 2 года проводится международная научно-практическая конференция «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем».

В сентябре 2020 г. в результате реорганизации ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений» в форме присоединения к нему ФГБНУ «Лазаревская опытная станция защиты растений» был создан ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» во главе с к.б.н. А.М. Асатуровой (фото 4).

Фото 4. А.М. Асатурова, директор ФНЦБЗР.

Вошедшая в состав центра станция была основана в 1947 г. как Лазаревский опорный пункт Сочинской опытной станции субтропических и южных плодовых культур. В 1948 г. приказом по Министерству Сельского хозяйства СССР ее передали в качестве паразитария Всесоюзному институту защиты растений (ВИЗР), а в 1978 г. решением коллегии Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике преобразовали в Лазаревскую опытную станцию защиты растений ВИЗР. Уникальное расположение станции определило ее основные задачи и направления деятельности. В разные годы в ее стенах работали признанные ученые и специалисты в области защиты растений: А.Т. Сысоев, Б.М. Чумакова, Е.М. Степанов, В.А. Щепетильникова, Г.В. Гусев, Е.С. Сугоняев, О.В. Ковалев, Пилипюк В.И. Они внесли неоценимый вклад в исследования опытной станции. При их непосредственном участии на Лазаревскую опытную станцию защиты растений было завезено и испытано более 20 различных видов полезных энтомофагов и фитофагов. С 2001 по 2019 гг. учреждение возглавляла к.б.н. Л.Н. Бугаева (фото 5), которая и сегодня продолжает активно работать.

В ходе многолетних исследований сотрудники станции выделили наиболее перспективные виды энтомофагов и энтомопатогенов, которые используют в разных регионах в качестве эффективных агентов биологической защиты растений. Разработаны и внедрены в производство системы защиты огурцов, томатов и сладкого перца с использованием местных видов энтомофагов и энтомопатогенов. Разработаны технические условия и технологические регламенты на производство 5 видов энтомофагов, которые включены в «Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации». Поддержание, пополнение, постоянный контроль качества популяций живых энтомофагов, культур энтомопатогенных микроорганизмов и продуцентов антагонистов возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, сохранение генофонда лабораторных популяций, являющихся частью Государственной коллекции, – важнейшие задачи Лазаревской опытной станции. На станции содержатся популяции 10 видов энтомоакарифагов. Широкую известность имеют выполняемые в учреждении работы по изучению, промышленному производству и применению хищного жука криптолемуса, используемого для высокоэффективной биологической защиты от вредных кокцид таких высокоценных культур, как чай, виноград, цитрусовые, лекарственные, коллекционные оранжерейные и декоративные растения. Разработан и успешно использовался комплект оборудования для промышленного производства криптолемуса (мощностью до 5 млн. особей в год). Выпуски хищника проводили на чайных плантациях, в ботанических садах, на виноградниках, в парках и скверах

Фото 5. Л.Н. Бугаева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Лазаревской опытной станции защиты растений-филиала ФГБНУ ФНЦБЗР.

города с использованием изобретений «Устройство для расселения биоматериала», «Способ расселения криптолемуса». Разработаны и запатентованы «Способ производства питательной среды для разведения личинок хищного жука криптолемуса *Cryptolaemus montrouzieri* Muls.», «Способ разведения хищного жука криптолемуса *Cryptolaemus montrouzieri* Muls.». Разработки сотрудников станции удостоены медалями Российских агропромышленных выставок «Золотая осень».

Актуальность фитосанитарного мониторинга ландшафтобразующих пород в агроценозах г. Сочи, выполняемого учеными Лазаревской опытной станции, подтвердило выявление таких опасных инвазивных вредителей, как платановая кружевница (*Corythucha ciliate* Say.), цикадка (*Metcalfa pruinosa* Say.), коричневомраморный клоп (*Halyomorpha halys* St l.); кровяная тля (*Eriosoma lanigerum*), японская восковая ложнощитовка (*Ceroplastes japonicus* Green.), японская виноградная цикадка (*Arboridia kakogawana* Mats.), пальмовая щитовка (*Diaspis boisduvalii* Signoret.), японская цикадка (цикадка-бабочка) (*Ricania japonica* Melich.), цитрусовая белокрылка (*Dialeurodes citri* Ashmead.), американская белая бабочка (*Hyphantria cunea* Drury.), самшитовая огнёвка (*Cydalima perspectalis* Walker.), красный пальмовый долгоносик (*Rhynchophorus ferrugineus*), пальмовая огнёвка (*Paysandisia archon* Burmeister.), дубовая орехотворка (*Cynips quercusfolii*), тополевая кружевница (*Monosteria unicostata*), индийская восковая ложнощитовка (*Ceroplastes ceriferus* F.*),* азиатская огнёвка (*Haritalodes basipunctalis* Bremer.). В результате проведенных исследований выявлен комплекс эффективных энтомофагов и энтомопатогенов в зоне Черноморских субтропиков.

Совместно с сотрудниками биолого-почвенного факультета Санкт-Петербургского государственного университета проведена работа по изучению паразитических перепончатокрылых насекомых, заражающих подкорников семейства Scolytidae. Обследования выполняли на территории Национального парка г. Сочи. За период исследования выведено 73 паразита, 112 собраны с коры в момент заражения. Выявлен новый вид хозяина *Pteleobius vittatus* для *Cheiropachus quadrum*, а также сверхпаразиты рода Eurytoma, распространение которых в дальнейшем может привести к снижению численности паразитов короедов.

В результате комплексной многолетней работы была создана и внедрена принципиально новая система беспестицидного, экологически безопасного выращивания овощной продукции в хозяйствах Крымского района Краснодарского края.

Знаковым мероприятием, проведенным на станции, стала международная конференция ВПРС МОББ «Интродукция и инновационные технологии массового применения полезных насекомых» (2011 г.).

Сегодня ФГБНУ ФНЦБЗР – это крупный научный центр РФ в области биологической защиты растений, органического земледелия, фитосанитарного, экотоксикологического и таксономического мониторинга агроэкосистем, биоценологии, биотехнологии, иммунитета растений, химической коммуникации биообъектов и тонкого органического синтеза. Это базовая организация по биологической защите растений, способная эффективно осуществлять научную, инновационную и образовательную деятельность, генерировать новые знания и обеспечивать эффективный трансфер новых экологизированных агротехнологий в АПК страны.

Для решения поставленной цели сотрудники центра решают следующие задачи:

– проведение масштабных научных фундаментальных и прикладных исследований, направленных на разработку наукоемких энергосберегающих фитосанитарных агротехнологий, в том числе для органического земледелия;

– опережающее инновационное освоение завершенных научных разработок;

– подготовка кадров, способных совершить технологический прорыв в отрасли биологической защиты растений и работать в условиях нового постиндустриального уклада отечественного растениеводства.

Миссия Федерального научного центра биологической защиты растений заключается в проведении фундаментальных и приоритетных прикладных научных исследований, оценке, совершенствовании и адаптации современных передовых научных достижений для практического использования в сфере экологизированного и органического сельского хозяйства с целью обеспечения импортозамещения, продовольственной безопасности и улучшения качества жизни населения в Российской Федерации.

Исследовательская программа семи лабораторий, одного сектора и одного филиала (Лазаревская ОСЗР) ФГБНУ ФНЦБЗР направлена на реализацию прорывных фундаментальных и передовых прикладных научных исследований и разработок в области сельского хозяйства.

На сегодняшний день сотрудники центра проводят исследования в рамках семи тем Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ.

Под руководством к.б.н. О.Ю. Кремневой (лаборатория фитосанитарного мониторинга агроэкосистем) ведется разработка прецизионных методов фитосанитарного и экотоксикологического мониторинга агроэкосистем для агробиотехнологий точного земледелия. По результатам исследований создаются и наполняются компьютерные базы данных с фитосанитарными сведениями. Со-

вместно с коллегами из МГУ им. М.В. Ломоносова и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» ведется разработка методов дистанционной диагностики вредных биообъектов. Сотрудники лаборатории активно участвуют в разработке новых технических средств. В качестве примера можно назвать комплект устройств для фитосанитарного мониторинга сельскохозяйственных культур: модели конических и аспирационных ловушек насекомых, модели портативных спороловушек, в том числе для беспилотных летательных аппаратов. Применение в практике защиты растений разрабатываемых лабораторией приборов и оборудования направлено на повышение эффективности защиты урожая, а также снижение себестоимости работ и уменьшение пестицидной нагрузки на окружающую среду.

В лаборатории гербологии под руководством к.б.н. А.П. Саввы ежегодно оценивается эффективность различных химических гербицидов. За последние годы определены препараты, обеспечивающие 80... 100 %-ный гербицидный эффект в отношении злаковой и двудольной сорной растительности. В рамках выполнения тематики сотрудники лаборатории устанавливают биологические пороги вредоносности отдельных видов сорняков в посевах сельскохозяйственных культур, а также определяют безопасность перспективных гербицидов для полезной биоты.

Коллектив лаборатории химической коммуникации и массового разведения насекомых под руководством к.б.н. В.Я. Исмаилова (фото 6) создает агроценозы с биорегулируемыми параметрами токсикологической нагрузки для технологий экологизированного и органического сельского хозяйства. Сотрудники лаборатории изучают биоразнообразие полезных насекомых, а также разрабатывают технологии беспестицидной защиты сельскохозяйственных культур от комплекса экономически значимых вредителей путем оптимального разведения и функционирования энтомофагов доминантных вредителей в естественных стациях. Под руководством В.Я. Исмаилова разрабатываются и апробируются методы защиты сельскохозяйственных культур от таких адвентивных видов, как незара зеленая и коричневомраморный клоп. В.Я. Исмаиловым создана научная школа.

Разработка эффективных агроэкологических и агробиотехнологических приемов гарантирует сохранность урожая и качество продукции продовольственного назначения без токсикологического воздействия на окружающую среду. В рамках этой научной тематики ученые сектора биотехнологии под руководством к.б.н. Е.Н. Бесединой проводят филогенетические исследования насекомых, изучают генетику популяций вредных и полезных членистоногих. Наличие современного оборудования и необходимых компетенций сотрудников позволяет осуществлять молекулярно-генетическую диагностику и мониторинг опасных вредителей, в том числе адвентивных и/или инвазивных.

В лаборатории государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений под руководством к.б.н. И.С. Агасьевой ведется поиск и отбор новых перспективных видов энтомофагов вредителей сельскохозяйственных культур и древесных насаждений. Изучение трофических связей и биологических особенностей энтомоакарифагов способствует разработке эффективных методов их массового разведения и применения. Сотрудники лаборатории разрабатывают системы биологической защиты сельскохозяйственных культур от вредителей для технологий экологизированного и органического земледелия.

На протяжении многих лет ученые лаборатории иммунитета растений

Фото 6. В.Я. Исмаилов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории химической коммуникации и массового разведения насекомых.

к болезням под руководством д.б.н. Г.В. Волковой (фото 7) осуществляют комплексное изучение механизмов взаимодействия патосистемы «растение-хозяин-патоген» для разработки эффективных иммуногенетических и биорациональных методов защиты сельскохозяйственных культур. Основные направления исследований руководителя и коллектива посвящены популяционной биологии фитопатогенных грибов и генетике устойчивости к болезням зерновых злаковых культур. Г.В. Волковой создана научная школа.

Фото 7. Г.В. Волкова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории иммунитета растений к болезням.

В лаборатории проведены глубокие фундаментальные исследования механизмов изменчивости возбудителей болезней, межорганизменной генетики патосистем «злаковые-облигатные и гемибиотрофные патогены». Многолетние исследования позволили выявить особенности микроэволюционных процессов в популяциях опасных патогенов пшеницы и ячменя, связанные с влиянием генотипов сортов, фунгицидов и распределением во времени и пространстве; оценить генетическое разнообразие устойчивости современных сортов и коллекционного материала; отобрать устойчивые перспективные сортообразцы; идентифицировать новые гены устойчивости и их комбинации; создать генетические коллекции источников устойчивости. Большое значение имеют работы по математическому моделированию возникновения резистентности в популяциях вредных видов; оптимизации системы контроля актуальных фитопатогенов в агроценозах зерно-

вых культур. Теоретические исследования коллектива под руководством Г.В. Волковой послужили основой для проведения ряда работ, имеющих непосредственное значение для развития генетического метода защиты растений. Широко известны результаты исследований по определению основных путей преодоления эрозии генов устойчивости зерновых культур, обоснованию стратегии селекции на устойчивость к патогенам, рациональному использованию генетических ресурсов устойчивости в технологиях биологизированного земледелия.

В лаборатории микробиологической защиты растений (руководитель к.б.н. А.М. Асатурова) проводятся исследования по изучению, идентификации полезных микроорганизмов из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР, их депонированию в NCBI. Осуществляется поиск, анализ и расшифровка компонентов жидкой культуры перспективных штаммов бактерий-антагонистов фитопатогенных грибов, исследуется потенциал штаммов по снижению вредоносности токсинообразующих грибов рода *Fusarium*. На сегодняшний день сотрудники лаборатории изучают бактериальные и грибные штаммы по критериям фунгицидной, нематицидной и инсектицидной активности. Отдельным направлением деятельности лаборатории является поиск, поддержание и изучение биоконтрольных свойств и механизмов действия энтомопатогенных вирусов яблонной плодожорки, хлопковой совки и других насекомых-вредителей. С целью разработки технологии производства микробиологических препаратов проводятся исследования оптимальных условий культивирования штаммов микроорганизмов. После получения лабораторных образцов биопрепаратов отрабатывается технология их применения, а также изучаются механизмы действия в отношении вредных объектов. Основные направления исследований руководителя и коллектива посвящены микробиологической защите растений. А.М. Асатурова формирует научную школу по этому научному направлению.

В 2021 г. по нацпроекту «Наука и университеты» в рамках Южно-Российского научно-образовательного центра была создана молодежная лаборатория биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, которая позволит объединить ученых и бизнес. Это подразделение возглавила к.б.н. С.Н. Нековаль. В задачи лаборатории входит изучение видового состава вредителей и болезней овощных и ягодных культур, изучение и сравнение состава почвенных микромицетов и их соотношения в зависимости от технологий защиты сельскохозяйственных культур, а также изучение возможности применения биорациональных средств и элементов технологий защиты сельскохозяйственных культур в системах экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства.

На Лазаревской опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦБЗР (руководитель к.т.н. Е.В. Кашутина) сформирована, поддерживается и пополняется Государственная коллекция живых энтомофагов и энтомопатогенов, разрабатываются и совершенствуются технологии лабораторного и массового разведения, регламенты консервации и транспортировки, контроль качества маточных культур энтомофагов коллекции по основным биологическим показателям, ведутся работы по изучению действия современных препаратов в отношении вредителей сельскохозяйственных культур и энтомофагов коллекции для разработки технологий интегрированной защиты растений, совершенствуются методы мониторинга видового состава вредных и карантинных объектов агроценозов г. Сочи.

ФГБНУ ФНЦБЗР имеет многолетний опыт создания и внедрения комплексной беспестицидной защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней по стандартам органического земледелия. Разработки сотрудников доказывают свою эффективность в сертифицированных органических хозяйствах, а также в биологизированных хозяйствах юга России. Центр оказывает всестороннее содействие развитию производств, работающих или планирующих перейти на стандарты органического земледелия через информационно-консультационные услуги, агросопровождение.

Помимо выполнения работ по государственному заданию, сотрудники учреждения ведут исследования в рамках грантов различных региональных и федеральных фондов, а также по контрактам и научно-прикладным договорам с отечественными и зарубежными научно-образовательными организациями, коммерческими предприятиями и сельхозпроизводителями различных форм собственности.

На базе лабораторий центра успешно работают зарегистрированные уникальные научные установки (УНУ) «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» (Рег. № 671367), «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (Рег. № 671925) и «Технологическая линия по массовому разведению насекомых-энтомофагов» (Рег. № 671922).

За последние 5 лет сотрудники центра подготовили и опубликовали методические указания «Применение сорбционных композиций для детоксикации почв, загрязненных остатками пестицидов», методические рекомендации «Производство органической продукции в Российской Федерации и в Краснодарском крае: состояние и перспективы», методические рекомендации «Технологии биологической защиты сельскохозяйственных растений», рекомендации по защите сельскохозяйственных культур от хлопковой совки в органическом земледелии, аннотированный каталог перепончатокрылых насекомых России, а также три учебных пособия по защите растений. Опубликовано 742 научные работы, 57 из которых индексированы в WoS/Scopus. Активно ведется инновационная деятельность: получены 38 патентов, зарегистрированы 37 баз данных. Научные разработки ФГБНУ ФНЦБЗР внедрены в сельскохозяйственных предприятиях России, что подтверждается актами внедрения.

ФГБНУ ФНЦБЗР член технических комитетов по стандартизации. В рамках деятельности ТК 040 «Продукция органического производства» и ТК 326 «Биотехнологии» ведется активная работа по проведению экспертизы действующих и новых национальных и межгосударственных стандартов, в том числе на производство органической продукции.

Большое внимание в центре уделяется развитию инновационной деятельности (руководитель отдела интеллектуальной собственности и инновационного развития к.с.-х.н. С.А. Ермоленко), основные приоритеты которой заключаются в следующем:

– расширение и укрепление сотрудничества с предприятиями реального сектора экономики, организациями – заказчиками научно-исследовательских услуг. Сейчас активно реализуются соглашения о сотрудничестве ФНЦБЗР с предприятиями Краснодарского края (ООО

«КЗ Гулькевичский», ООО «Кристалл-Агро», ООО «Биотехагро», ООО «Сельскохозяйственная фирма «Верлиока», ИП Рымарь Ю.И.) и другими предприятиями России (ООО «АДАМА РУС», г. Москва, СПК «ТЕРРУАР», р. Крым, ООО «Ваше хозяйство», г. Н. Новгород, СПК «Де Густо» РСО-Алания и др.);

– участие в конкурсах Минобрнауки РФ, РНФ, Кубанского научного фонда (КНФ) и других организаций и фондов. В 2021 г. на конкурсной основе созданы НОЦ мирового уровня Юга России (участники центра – Ростовская область, Краснодарский край и Волгоградская область), молодежная лаборатория, научные направления которой связаны с программами деятельности НОЦ и их технологическими проектами, выполняются исследования по 11 проектам РФФИ, 2 проектам РНФ, 5 проектам КНФ, 1 Президентскому гранту и 3 проектам конкурса «Умник»;

– расширение международного научного сотрудничества, в рамках которого заключены договоры с научными учреждениями Белоруссии, Молдовы, Казахстана, Абхазии, Израиля. Специалисты из этих стран приезжают на стажировки по различным научным направлениям, стороны регулярно обмениваются делегациями, участвуют в международных конференциях, проводят совместные исследования и готовят публикации.

Сегодня в общем активе ФНЦБЗР более 800 патентов РФ на изобретения и полезные модели (средства защиты растений, способы их производства и применения, устройства для защиты растений и мониторинга вредителей и болезней, штаммы бактерий, вируса ядерного полиэдроза хлопковой совки и вируса гранулёза яблонной плодожорки), 54 свидетельства на базы данных, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и свидетельство на товарный знак.

Большое внимание в центре уделяется выставочной деятельности, что позволяет информировать участников рынка и потенциальных инвесторов о новых инновационных разработках, отмеченных многочисленными Дипломами, Золотыми, Серебряными и Бронзовыми медалями таких представительных форумов, как «Золотая осень», «РосБиоТех», «Агротехнологии» и др.

Заключительный этап исследований ученых центра – разработка зональных систем биологической защиты растений и их апробация в условиях базовых сельскохозяйственных предприятий, сертифицированных по органическому стандарту, проходящих конверсию и получающих сертифицированную органическую продукцию. На сегодняшний день разработаны и внедряются в ряде хозяйств органического земледелия комплексные технологии биологической защиты озимой пшеницы, яблони, сливы, томатов, сои, кукурузы и других культур.

В 2020 г. на базе ФНЦБЗР запущена линия по производству трихограммы – эффективного паразитоида яиц многих видов вредных чешуекрылых.

Со стороны аграриев сегодня чувствуется всевозрастающий интерес к биологическим методам в защите растений. Меняется законодательство, появляются фермеры, которые целенаправленно занимаются только органическим земледелием, производят натуральную и безопасную продукцию по самым высоким стандартам качества. Специалисты центра консультируют таких фермеров, разрабатывают для них технологии по применению биопрепаратов с учетом зональных почвенно-климатических условий, специфики сельскохозяйственных культур.

ФНЦБЗР – лидер в области биологической защиты растений в масштабах страны. Естественно, это налагает большую ответственность за распространение и применение биотехнологий во всех регионах РФ. Современные разработки центра актуальны и применимы для любых регионов страны.

Разработана и апробирована в производственных условиях технология защиты яблони от комплекса садовых листоверток и плодожорок, основанная на применении метода дезориентации с дополнительным выпуском комплекса энтомофагов (трихограмма, дибрахис, габробракон) и обработкой биопрепаратами фермовирин и битоксибациллин. В результате применения таких технологий повреждение плодов яблони в течение вегетационного не превышало 2…3 %. Повреждение плодов в период сбора урожая находилось на уровне 2 %, урожайность – 128 ц/га. В зависимости от погодных условий и плотности популяции основных вредителей плодовых культур ассортимент используемых энтомофагов может быть дополнен рядом других видов, производимых ФНЦБЗР и рекомендованных для использования в плодовых садах.

В 2021 г. в хозяйствах Краснодарского края (КХ «Кононенко», ИП ГКФХ В.Н. Чуб) апробированы системы биологической защиты кукурузы, сои и сливы с использованием феромонного мониторинга, интродукции энтомофагов (трихограммы и габробракона) с помощью БПЛА со специальной разбрасывающей аппаратурой для контроля численности чешуекрылых вредителей. Биологическая эффективность составила 75,6…77,3 %.

С целью внедрения в сельскохозяйственное производство подготовлено несколько новых инновационных проектов:

– биотехнологии производства и применения биологических средств защиты растений на основе высокоэффективных популяций энтомоакарифагов;

– биотехнологии производства и применения новых микробиопрепаратов для защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов;

– мобильный комплекс наземно-воздушного мониторинга сельскохозяйственных угодий «ФитоСан»;

– маточный материал для направленной селекции томата;

– создание предселекционного материала зерновых колосовых культур с длительной и групповой устойчивостью к опасным и особо опасным болезням с использованием биотехнологических подходов;

– технология безинсектицидной защиты озимой пшеницы от доминантных вредителей;

– инновационная агротехнология биологической защиты плодовых садов от комплекса вредителей для получения экологически чистых плодов.

Освоение перечисленных разработок позволит значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, повысить экологическую безопасность растениеводческой продукции благодаря значительному сокращению пестицидной нагрузки, сохранить биоразнообразие окружающей среды и плодородие почв.

Планируется создание новых инновационных компаний (стартапы, спиноффы, исследовательские подразделения корпоративного сектора), деятельность которых будет направлена на разработку технологий производства и применения новых микробиологических и биорациональных средств защиты растений, разработку технологий производства и применения энтомоакарифагов, разработку технологий производства и применения средств мониторинга и биологической борьбы с вредными организмами (феромонные, светодиодные, споровые ловушки и др.).

Осознавая значение совместной научно-исследовательской и инновационной деятельности и признавая необходимость тесного взаимодействия в условиях развития современных научных исследований и разработок, ФГБНУ ФНЦБЗР плодотворно сотрудничает со многими научными учреждениями Российской Федерации и СНГ. Только в 2021 г. заключено 24 новых договора о научно-исследовательском сотрудничестве. Среди партнеров центра можно назвать НИИ растениеводства МСХ Республики Узбекистан, Институт микробиологии НАН Беларуси, РУП «Институт защиты растений», Беларусь, ФГБОУ ВО КубГУ, ФГБОУ ВО КубГАУ, ФГБОУ ВО КубГТУ, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)», ФГБНУ «АНЦДонской», ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, НКБ «МИУС» ЮФУ, МГУТУ им. К.Г. Розумовского, ГБПОУ «Георгиевский техникум механизации, автоматизации и управления», ФГБНУ ВНИИ риса, ФНЦ ВНИИМК, ФГБНУ ВНИИСБ, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии им. Прянишникова Д.Н.», ФГБУ «ВНИИКР», Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии», НО «СРО Национальная ассоциация производителей семян кукурузы и подсолнечника», Правительство Белгородской области, НИУ «БелГУ», ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ» (НОЦ «Инновационные решения в АПК»), ООО «Агро-Альянс», ООО «БиоЭкоФармакология», ООО «Селвит», ООО «СФ Зарянка», ООО «СП Нива», Союз органического земледелия, ООО «Летай и смотри», ИП Ерохин А.А., АО «ОХК «Уралхим», ООО «АгроМир – Сидс», СПК «Терруар», ООО ТД «Юграс», ООО «СХП им. П.П. Лукьяненко», АО «Рассвет».

В структуру ФНЦБЗР входит отдел аспирантуры и образовательной деятельности, осуществляющий организацию процесса обучения, по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и программам повышения квалификации. Возглавляет отдел Е.А. Вертий. Подготовка высококвалифицированных кадров – кандидатов наук на базе организации осуществляется с 1989 г. Обучение проводится по направлению подготовки 35.06.01 – Сельское хозяйство, специализация 06.01.07 – Защита растений. Аспирантура ФНЦБЗР – одна из ключевых научных школ, позволяющих решать комплекс задач научной деятельности в сфере биологической защиты растений. На сегодняшний день в ее стенах проходят подготовку 14 аспирантов. Научное руководство осуществляют доктора и кандидаты наук, имеющие достижения в области биологической защиты растений: А.М. Асатурова, Г.В. Волкова, В.Я. Исмаилов, Т.М. Сидорова, А.П. Савва, С.Н. Нековаль, М.В. Пушня. Основная часть аспирантов – сотрудники научных подразделений центра. Благодаря такому совмещению, они могут готовить свои диссертационные работы в комплексе с научными исследованиями в рамках выполнения тематик государственного задания и грантов. Это дает возможность апробировать отдельные блоки работы, публикуя их в российских и зарубежных изданиях, а также докладывать на всевозможных российских и международных конференциях. Научное портфолио аспирантов, работающих в ФНЦБЗР, позволяет им участвовать в конкурсах на присуждение стипендий Краснодарского края и Правительства Российской Федерации. Благодаря огромному опыту научных руководителей аспиранты центра подходят к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук с глубоким пониманием проблематики своих научных исследований.

В 2020 г. ФНЦБЗР получил лицензию на осуществление образовательной деятельности по программам дополнительного профессионального образования. Это позволит ведущим научным сотрудникам учреждения делиться своим опытом и знаниями в области биологической защиты растений. Ведущие специалисты центра Г.В. Волкова, Н.С. Томашевич и О.Ю. Кремнева совместно с ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева» разработали и реализовали пилотную программу повышения квалификации «Средства защиты растений и стимуляторы роста на основе нанобиотехнологий».

В 2022 г. на базе ФГБНУ ФНЦБЗР запланирована реализация программ повышения квалификации: «Организация производства продукции растениеводства по стандартам органического земледелия» и «Разработка систем защиты сельскохозяйственных культур с использованием биологических методов». Для расширения спектра вопросов, освещаемых на курсах, кроме ведущих научных сотрудников центра будут привлечены специалисты из образовательных научных организаций и бизнеса.

На протяжении всей своей истории ФГБНУ ФНЦБЗР организует и с успехом проводит множество различных мероприятий, направленных на пропаганду и популяризацию научных исследований в области биологической защиты растений.

Одно из наиболее знаковых событий – Международная научно-практическая конференция «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». В сентябре 2022 г. планируется 11-я Международная научно-практическая конференция, ставшая за эти годы традиционной, популярной и ожидаемой в научном и деловом сообществах. Цель мероприятия – рассмотрение последних отечественных и мировых достижений в области производства и применения биологических средств защиты растений для технологий органического сельского хозяйства, а также роли биологической защиты растений в обеспечении фитосанитарной, экологической и продовольственной безопасности страны. Такая тематика полностью соответствует приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития РФ.

В 2019 г. впервые в России на базе ФГБНУ ФНЦБЗР прошло не менее интересное и уникальное событие – День биологического поля или День БиоПоля (фото 8). Главное его отличие – это демонстрация систем защиты озимой пшеницы и других сельскохозяйственных культур в технологиях экологизированного и органического земледелия. Проведение мероприятия стало ежегодным. К участию и демонстрации своих разработок приглашаются российские и зарубежные компании, осуществляющие научно-исследовательскую и практическую деятельность в области производства и применения биологических и биорациональных средств защиты растений. Особый интерес это мероприятие вызывает у сельхозтоваропроизводителей, ориентированных на производство органической продукции, а также студентов и магистрантов, обучающихся по направлениям «Защита растений» и «Биотехнология».

ФГБНУ ФНЦБЗР имеет многолетний опыт создания и освоения комплексных технологий беспестицидной защиты многих сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней по стандартам органи-

Фото 8. День БиоПоля-2021, проводимый ФНЦБЗР.

ческого земледелия. В этой связи сложно переоценить актуальность конференции «Органическое сельское хозяйство и биологизация земледелия – состояние и перспективы». Впервые это мероприятие прошло в том же 2019 г. на площадке Международной выставки сельскохозяйственной техники, оборудования и материалов «ЮГАГРО». Цель мероприятия – обмен опытом выращивания органической продукции, обсуждение вопросов, связанных с проблемами стандартизации и сертификации такого производства, проработка предложений по экономической поддержке производителей органической продукции.

Таким образом, ключевые мероприятия Центра ориентированы на решение таких задач, как создание единой коммуникационной площадки в сфере агробиотехнологий; развитие профессиональных контактов со специалистами в области биологической защиты растений отечественных и зарубежных научных и образовательных учреждений; развитие и укрепление связей между наукой, сельхозтоваропроизводителями и законодательной властью, а также популяризация ценностей и возможностей научно-исследовательской и инновационной системы России среди студентов, аспирантов и молодых ученых.

Сегодня ФГБНУ ФНЦБЗР 60 лет. За это время центр прошел богатый событиями путь. Его сотрудники сохранили и продолжили научные традиции своих предшественников, разработали и внедрили новые направления биологической защиты растений, добросовестно работая на благо отечественной науки. Впереди у коллектива много планов. Основные цели научной деятельности ФГБНУ ФНЦБЗР сегодня и в ближайшей перспективе – проведение фундаментальных и приоритетных прикладных исследований, опытно-конструкторских работ, а также внедрение передовых достижений науки в области биологической и интегрированной защиты растений. В приоритетах ФГБНУ ФНЦБЗР – развитие исследований в междисциплинарных областях при комплексном взаимодействии с коллегами из ведущих российских и международных научно-исследовательских организаций. Партнерские отношения Центра формируются на принципах открытого сетевого взаимодействия, интеллектуальной и ресурсной интеграции участников.

Трансформация научных исследований в Центре нацелена на работу ученого, исследователя в междисциплинарных областях; транслирование науки в образование и индустрию; решение комплексных задач; разработку, валидацию и верификацию технологических решений для биологической защиты растений; прорывные фундаментальные и поисковые научные исследования в сфере экологически безопасного земледелия, совместные решения для индустрии – на базе научно-производственных модулей ФГБНУ ФНЦБЗР.

Для внедрения эффективных для индустрии решений сотрудники Центра выстраивают плотную кооперацию с реальным сектором экономики, разрабатывают технологии производства и применения биологических и биорациональных средств защиты растений, а также новые средства мониторинга и биологической борьбы с вредными организмами. Ведется транслирование научных достижений в образование и индустрию, а также тесное взаимодействие с профессиональными сообществами, союзами и ассоциациями.

Важное направление деятельности ФГБНУ ФНЦБЗР – кадровое развитие – воспроизводство и поддержка научных кадров высшей квалификации, кооперация с ведущими университетами для привлечения молодых исследователей. На сегодняшний день в учреждении 52 % научных сотрудников – это молодые люди в возрасте до 35 лет.

Развитие инфраструктуры исследований и разработок ФГБНУ ФНЦБЗР направлено на модернизацию лабораторной и полевой материально-технической базы, а также создание полифункциональной научно-исследовательской инфраструктуры.

В завершении исторического экскурса, информации о современном состоянии и перспективных планах Федерального научного центра биологической защиты растений хочется поблагодарить ветеранов, выразить благодарность и уважение сегодняшним работникам за любовь и служение науке и пожелать здоровья и успехов!

В подготовке статьи принимали участие Г.В. Волкова, В.Я. Исмаилов, Л.Н. Бугаева, С.А. Ермоленко, Н.С. Томашевич, Е.А. Вертий, Е.А. Есауленко, Е.Ю. Шипиевская

doi: 10.53859/02 352451_2022_36_3_18
УДК 63:632.9

Защита озимой пшеницы от комплекса заболеваний в условиях центральной зоны Краснодарского края с преимущественным использованием биологических фунгицидов*

М. С. ГВОЗДЕВА, Г. В. ВОЛКОВА
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью разработки биологизированной системы защиты озимой пшеницы против комплекса экономически значимых заболеваний на примере сорта Гром. Работу выполняли в 2018–2021 гг. в г. Краснодар. Метеоусловия вегетационных сезонов 2018/19 и 2020/21 гг. были благоприятными для роста растений и развития фитопатогенов. Сезон 2019/20 г. отличался недостатком влаги и весенними заморозками. Опыт предусматривал два способа защиты: биологизированная – обработка семян фунгицидом Витаплан, СП (норма применения 20 г/т), опрыскивание в фазе выхода в трубку (Z 32-33) фунгицидом Витаплан, СП (40 г/га) и в фазе начала цветения (Z 59-61) химическим фунгицидом Амистар Экстра, СК (1,0 л/га); химическая – применение в аналогичные сроки соответственно фунгицидов Максим, КС (1,5 л/т), Фундазол, СП (0,5 кг/га), Амистар Экстра, СК (1,0 л/га). Контроль – без обработки. Эффективность биологизированной системы защиты против фузариозной корневой гнили в фазе молочно-восковой спелости составила 54,9 %, химической – 51,2 %, против септориоза в фазе цветения – соответственно 77,0 % и 87,4 %, против желтой пятнистости – 63,7 %, и 79,1 %, против бурой ржавчины – 11,8 % и 78,9 %. Использование биологизированной защиты способствовало сохранению 6,0 ц/га урожая зерна, в сравнении с контролем, химической защиты – 8,5 ц/га, чистая прибыль при этом составила 5086 руб./га и 5684 руб./га соответственно. Использование технологии биологизированной защиты озимой пшеницы эффективно и рекомендовано для производственной практики с целью снижения пестицидной нагрузки на агроэкосистему.
Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum*), биологические фунгициды, биологизированная защита, эффективность.
Сведения об авторах: М. С. Гвоздева, аспирант, научный сотрудник; Г. В. Волкова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией (e-mail: galvol.bpp@yandex.ru).
Для цитирования: Гвоздева М. С., Волкова Г. В. Защита озимой пшеницы от комплекса заболеваний в условиях центральной зоны Краснодарского края с преимущественным использованием биологических фунгицидов // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 18–25. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_18.

**исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0004.*

Protection of winter wheat from a complex of diseases in the central zone of the Krasnodar Territory with the predominant use of biological fungicides

M. S. Gvozdeva, G. V. Volkova
Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The research aimed to develop a biological protection system for winter wheat against a complex of economically significant diseases using the Grom variety as an example. The work was carried out in 2018–2021 in Krasnodar. Weather conditions of the growing seasons 2018/19 and 2020/21 were favourable for plant growth and phytopathogen development. The 2019/20 was characterized by a lack of moisture and spring frosts. The experiment included two methods of protection: biological – seed treatment with the fungicide Vitaplan, WP (application rate 20 g/t), spraying in the booting stage (Z 32-33) with the fungicide Vitaplan, WP (40 g/ha) and in the phase of inception of flowering (Z 59-61) with chemical fungicide Amistar Extra, SC (1.0 L/ha); chemical – the use of fungicides Maxim, SC (1.5 L/t), Fundazol, WP (0.5 kg/ha), Amistar Extra, SC (1.0 L/ha), respectively, at the same time. The control was without tillage. The effectiveness of the biological protection system against Fusarium root rot in the milky-wax ripeness phase was 54.9%, of the chemical one – 51.2%. Against Septoria in the blooming phase it was 77.0% and 87.4%, respectively. The effectiveness against yellow leaf spot was 63.7% and 79.1%, while against leaf rust – 11.8% and 78.9%. The use of biological protection contributed to the preservation of 600 kg/ha of grain yield, in comparison with the control, chemical protection – 850 kg/ha, while the net profit amounted to 5086 rubles/ha and 5684 rubles/ha, respectively. The use of technology for biologized protection of winter wheat is effective and can be recommended for production practice to reduce the pesticide load on the agroecosystem.
Keywords: winter wheat (*Triticum aestivum*); biological fungicides; biological protection; efficiency.
Author Details: M. S. Gvozdeva, post graduate student, research fellow; G. V. Volkova, D. Sc. (Biol.), chief research fellow (e-mail: galvol.bpp@yandex.ru).
For citation: Gvozdeva MS, Volkova GV. [Protection of winter wheat from a complex of diseases in the central zone of the Krasnodar Territory with the predominant use of biological fungicides]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):18-25. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_18.

Пшеница – ценная сельскохозяйственная культура. По данным Федеральной службы государственной статистики, ее доля ежегодно составляет 35 % от всей посевной площади на территории РФ [1]. В 2020 г. в Краснодарском крае было высеяно 1669,0 тыс. га озимой пшеницы, валовой сбор зерна составил 10055,8 тыс. т (*https://rosstat.gov.ru*). Стабильно высокий урожай обеспечивает эффективная защита растений от возбудителей заболеваний, способных при эпифитотийном развитии приводить к потерям до 50 % продукции [1, 2, 3]. Объем использования химических средств защиты против болезней на зерновых колосовых культурах на территории страны в 2021 г. составил 14536,91 тыс. га, при этом доля биологических средств была равна всего 739,81 тыс. га [4].

Пестицидная нагрузка и, как следствие, ухудшение экологической обстановки побуждают уделять особое внимание биобезопасным методам контроля фитопатогенов [5, 6, 7]. Поэтому применение фунгицидов на основе живых микроорганизмов и продуктов их

жизнедеятельности – перспективный способ решения такой проблемы [8, 9, 10]. Известны результаты эффективного использования биофунгицидов против заболеваний пшеницы [11, 12, 13]. Так, в Ставропольском крае применение фунгицида Алирин Б, Ж снижало развитие комплекса корневых гнилей до 20,3 %, при том, что поражение в контроле было значительным и составляло 43,2 %. Биологическая эффективность обработки семян пшеницы препаратом Фитоспорин-М, Ж против корневых гнилей в Ростовской области достигала 31,7 % при поражении в контроле 7,6 % [14]. Эффективность препарата Оргамика С, Ж против заболеваний зависит от агроклиматических условий [15]. Так, в Омской области фунгицид снижал развитие семенной инфекции на 90,0...93,3 %, гельминтоспориозной корневой гнили – на 82,1...100 %. Эффективность против возбудителя бурой ржавчины составила 69,2...85,3 % при поражении в контроле 10,2...14,6 %. В лесостепи Приобья Алтайского края протравливание семян пшеницы и двукратная обработка по вегетации биофунгицидом Бактофит, СП сдерживали развитие септориоза листьев до 11,6 % при поражении в контроле 22,3 % [16].

В условиях Краснодарского края применение биопрепарата Фитоспорин-М, Ж способствовало снижению развития желтой пятнистости листьев на озимой пшенице сорта Калым на 63,1 % [17]. Биологическая эффективность обработки семян препаратом на основе бактерии *Pseudomonas aureofaciens* (Елена, Ж) против семенной инфекции составила 40,0 % при зараженности более 50,0 % [18]. Таким образом, применение фунгицидов на основе живых микроорганизмов способствует сдерживанию развития вредоносных фитопатогенов, что позволяет рекомендовать препараты для защиты растений и тем самым снижать пестицидную нагрузку на агроэкосистемы [19, 20]. Так как Краснодарский край отнесен к зоне интенсивного растениеводства с применением большого объема химических пестицидов, актуальной проблемой становится необходимость экологизации производства путем расширения применения биологических средств [21, 22, 23].

Цель исследования – разработка биологизированной системы защиты озимой пшеницы против комплекса экономически значимых заболеваний на примере сорта Гром**.**

Условия, материалы и методы. Работу проводили в 2018–2021 гг. в условиях полевого стационара Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), г. Краснодар. Материал для исследования – сорт озимой пшеницы Гром, включен в Государственный реестр с 2010 г., устойчив к полеганию и осыпанию зерна, засухо- и морозостойкий. Имеет восприимчивую реакцию к стеблевой ржавчине, септориозу и фузариозу колоса. Средневосприимчив к бурой ржавчине и устойчив к стеблевой ржавчине [24]. Посев проводили в оптимальные сроки ручной сеялкой «Слобожанка» в норме 200 кг/га, размещение рендомизированное, повторность 3-х кратная, площадь каждой делянки 12 м^2. Почва – чернозем выщелоченный, со слабокислой реакцией (pH 5,5...6,5). Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 3,4 %, общего азота – 0,20 %, подвижного фосфора и калия (по Мачигину) – соответственно 18,2 мг/100 г почвы и 30,6 мг/100 г (*Луганская В. Д., Луганский В. Н. Химический анализ почв: методические указания. Екатеринбург: Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ. 2011. 28 с.*).

Схема опыта предусматривала определение не отдельного влияния фунгицидов на развитие заболеваний, а их совместную эффективность. В биологизированной системе защиты в качестве биологического фунгицида использовали препарат Витаплан, СП на основе бактерии *Bacillus subtilis* штаммы ВКМ-В-2604D и ВКМ-В-2605D. Фунгицид зарегистрирован против корневых гнилей, септориоза и мучнистой росы. В опыте препарат применяли для предпосевного протравливания семян и в течение вегетации растений. Обработку семян проводили перед посевом полусухим способом с нормой 20 г/т, расход рабочего раствора 10 л/т. Против листовых болезней обработки выполняли во время вегетации ручным опрыскивателем с нормой расхода рабочего раствора 300 л/га. В фазе выхода в трубку (Z 32-33) применяли фунгицид Витаплан, СП с нормой 40 г/га и в фазе начала цветения (Z 59-61) –препарат Амистар Экстра, СК с нормой 1,0 л/га. Для сравнения использовали химическую систему защиты, которая предусматривала использование в те же сроки соответственно протравителя Максим, КС (1,5 л/т), фунгицидов Фундазол, СП (0,5 кг/га) и Амистар Экстра, СК (1,0 л/га). Контроль – без обработки.

Учет корневых гнилей проводили в фазе осеннего (Z 23-25) и весеннего кущения (Z 27-29), а также молочно-восковой спелости (Z 79-83) в баллах, где 0 баллов – признаки поражения отсутствуют, 1 балл – на первичных и вторичных корнях отдельные участки бурого цвета, 2 балла – основание стебля слегка бурое, отдельные корни или значительные их участки бурые, 3 балла – основание стебля темное с перехватом, большая часть корней отмерла, 4 балла – полное отмирание. Учеты листовых заболеваний осуществляли через 7 дней после обработки, последующие с интервалом 10...14 дней. Биологическую эффективность рассчитывали по формуле Аббота (*Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.*).

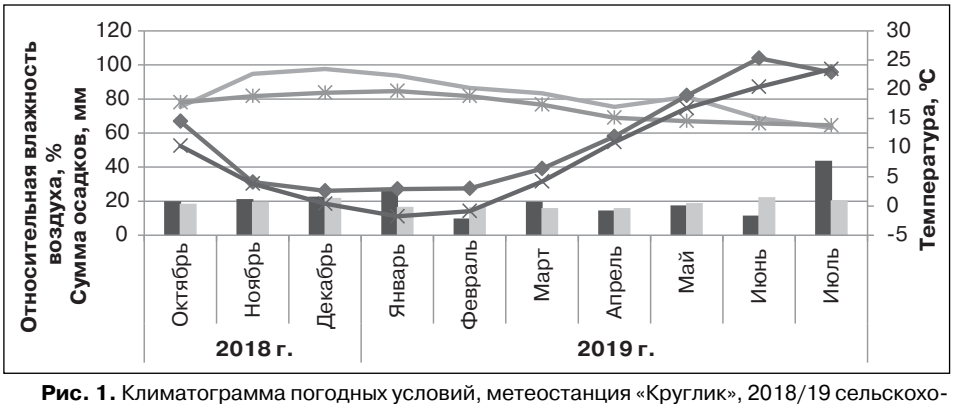


Рис. 1. Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2018/19 сельскохозяйственный год, г. Краснодар: – осадки, мм; – средние многолетние осадки, мм; – влажность, %; – средняя многолетняя влажность, %; – температура, °С; – средняя многолетняя температура, °С.

За 3 дня до уборки проводили учет структуры

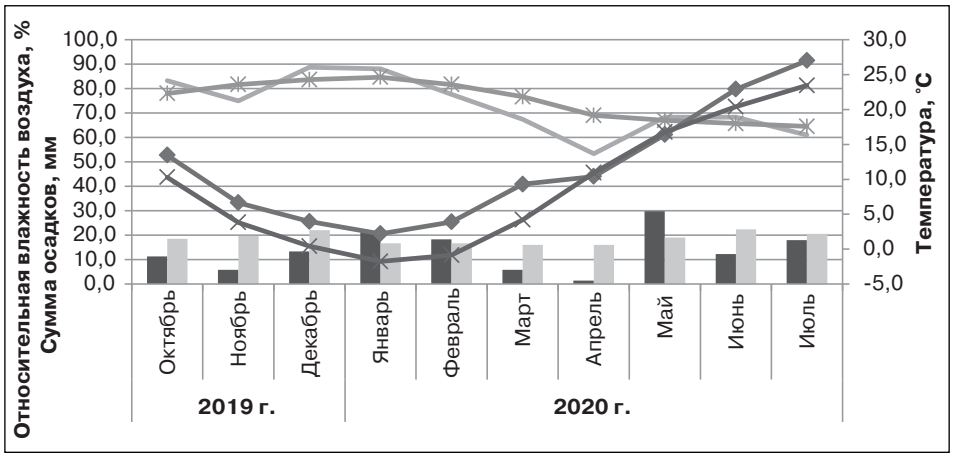


Рис. 2. Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2019/20 сельскохозяйственный год, г. Краснодар: ■ – осадки, мм; ■ – средние многолетние осадки, мм; ▬ – влажность, %; ▬ – средняя многолетняя влажность, %; ▬ – температура, °С; ▬ – средняя многолетняя температура, °С.

урожая (масса 1000 зерен, количество зерен в одном колосе, масса зерен в одном колосе). Уборку осуществляли поделяночно, малогабаритным селекционным комбайном «Hege». Достоверность различий между вариантами оценивали по наименьшей существенной разнице (НСР) при 5 %-ном уровне значимости (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов; Б. А. Доспехов. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 351 с.*). Экономическую эффективность рассчитывали по методике Н. Р. Гончарова [25].

В 2018/19 вегетационном сезоне погодные условия складывались благоприятно для развития фитопатогенов на озимой пшенице (рис. 1). В третьей декаде октября отмечено обильное выпадение осадков. С начала февраля до конца мая влажность воздуха держалась в пределах 70...90 %, а температура была выше среднемноголетней на 3,9...2,1 °С. Июнь оставался засушливым и теплым.

В 2019/20 вегетационном сезоне отмечены экстремальные погодные условия, как для развития фитопатогенов, так и для роста растений (рис. 2). Зима была бесснежная и теплая с частыми оттепелями. В конце первой декады февраля отмечены возвратные морозы до -13 °С. Весенний период отличался недостатком влаги, относительная влажность воздуха была на 15,7 % ниже среднемноголетней.

В вегетационный сезон 2020/21 гг. складывались благоприятные условия для развития растений пшеницы и фитопатогенов (рис. 3). Зима отличалась обилием снега, а весенне-летний период – обилием осадков и повышенной влажностью воздуха. Относительная влажность воздуха была на 15 %, а сумма осадков на 44 % выше нормы.

В исследованиях использовали материально-техническую базу УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (*https://ckp-rf.ru/usu/671925/?sphrase_id=3644277*) и объекты БРК «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФНЦБЗР (*http://www.fncbzr.ru/wp-content/uploads/2018/06/111.jpg*).

Результаты и обсуждение. В осенний период на посевах озимой пшеницы развития корневых гнилей не отмечали. Весной и летом на сорте Гром преимущественно наблюдали корневую гниль фузариозной этиологии (*Fusarium spp.*). Среднее распространение заболевания весной варьировало по годам от 31,3 % (биологизированная защита) до 57,1 % (контроль). Развитие корневой гнили в варианте без обработки в среднем за годы исследования составило 22,7 %. Протравливание семян при биологизированной системе способствовало сдерживанию заболевания, в сравнении с контролем, на 65,6 %, химической – на 62,1 % (табл. 1).

В фазе молочно-восковой спелости распространение заболевания варьировало от 85,8 % (химическая защита) до 99,3 % (без обработки). Развитие корневых гнилей в контроле достигало 52,3 %. Эффективность биологизированной системы защиты, в сравнении с контролем, составила 54,9 %, химической – 51,2 %. На таком высоком инфекционном фоне эффективность биологических протравителей в течение вегетации оказалась выше, чем у химического эталона. Это может быть связано с высокой адаптивностью спорообразующих бактерии рода *Bacillus*, входящих в состав фунгицида, и пролонгированным действием стимуляции защитных реакций растений. Результаты наших исследований согласуются с данными других ученых. Так, в работе И. В. Максимова с соавторами установлено, что применение препарата на

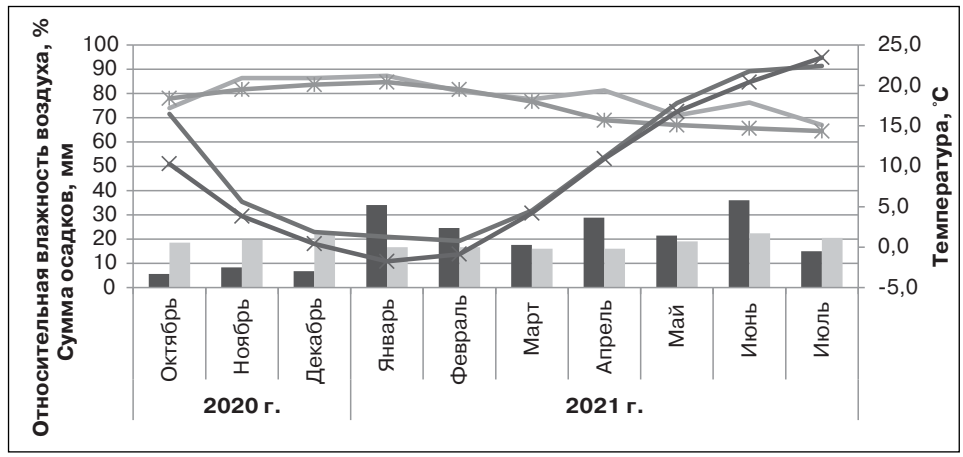


Рис. 3. Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2020/21 сельскохозяйственный год, г. Краснодар: ■ – осадки, мм; ■ – средние многолетние осадки, мм; ▬ – влажность, %; ▬ – средняя многолетняя влажность, %; ▬ – температура, °С; ▬ – средняя многолетняя температура, °С.

Таблица 1. **Биологическая эффективность фунгицидов против фузариозной корневой гнили озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.)**

Способ защиты	Фаза кущение						Фаза молочно-восковая спелость					
	P, %*	R, %*				Б.Э.*, %	P, %	R, %				Б.Э., %
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее			2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	
Биологизированная	31,3	10,5	2,1	10,8	7,8	65,6	92,3	21,9	24,7	24,1	23,6	54,9
Химическая	33,6	10,4	3,7	11,7	8,6	62,1	85,8	23,9	25	24,5	25,5	51,2
Контроль (без обработки)	57,1	30,6	10,7	26,8	22,7	–	99,3	54	48,6	54,3	52,3	–
$НСР_{05}$	18,9	7,9	3,1	5,2	7,6		10,6	2,0	3,1	2,6	2,8	

**P – распространение; R – развитие; Б.Э. – биологическая эффективность.*

основе бактерии *B. subtilis* против гельминтоспориозной корневой гнили способствовало увеличению генерации пероксида водорода, что благотворно влияло на устойчивость растения к заражению [26].

Первые проявления септориоза листьев отмечены в контроле (без обработки) в фазе кущения. Развитие продолжалось до цветения, а затем интенсивность снижалась, и к началу налива зерна заболевание не встречалось. Различия в проявлении пятнистости по годам были незначительными. Максимальное в опыте развитие септориоза в контроле отмечено в фазе цветения и составило 8,7 %. В варианте с биологизированной защитой величина этого показателя была на 6,7 % меньше, чем в контроле, с химической защитой – на 7,8 % (табл. 2).

Таблица 2. **Развитие септориоза листьев озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.), %**

Способ защиты	Фаза учета и обработки: 1 обработка (Z 32-33); 2 обработка (Z 59-61)											
	выход в трубку (Z 39)				колошение (Z 49-51)				цветение (Z 61-65)			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Биологизированная	0,3	0,3	0,4	0,3	0,9	1,4	1,2	1,2	1,9	1,9	2,3	2,0
Химическая	0,1	0,3	0,2	0,2	0,9	0,6	1,0	0,8	1,0	0,7	1,1	1,1
Контроль (без обработки)	2,5	2,8	2,7	2,7	6,9	6,8	7,3	7,0	8,7	9,1	8,3	8,7
$НСР_{05}$	0,2	0,3	0,2	0,1	0,4	0,6	0,3	0,3	0,7	0,8	0,6	0,4

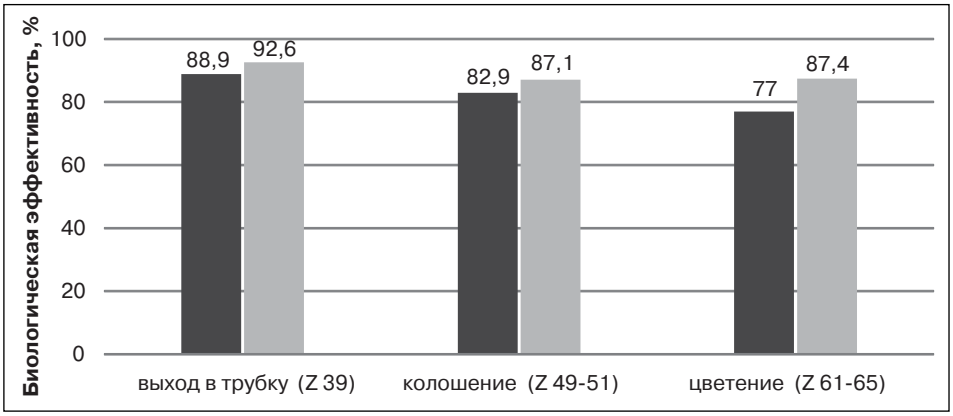


Рис. 4. Биологическая эффективность фунгицидов против септориоза листьев озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.), %: ■ – биологизированная защита; ■ – химическая защита.

В течение вегетации биологическая эффективность разных способов защиты озимой пшеницы снижалась по мере развития заболевания. При максимальном поражении растений озимой пшеницы *S. tritici* в фазе цветения эффективность биологизированной защиты составила 77,0 %, химической – 87,4 % (рис. 4).

Первые проявления желтой пятнистости листьев отмечены в контроле в фазе выхода в трубку. Максимальное развитие в весеннее-летний период 2019 г. в фазе восковой спелости составило 18,4 %, в то время как в 2020 г. величина этого показателя была меньше на 14,6 %. Сезон 2021 г. отличался эпифитотийным развитием

Таблица 3. **Развитие желтой пятнистости листьев озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.), %**

Фаза учета	Год	Способ защиты			
		биологизированная	химическая	контроль (без обработки)	$НСР_{05}$
		1 обработка (Z 32-33)			
Колошение (Z 49-51)	2019	0,1	0	1,5	0,2
	2020	0,1	0,1	1,9	0,3
	2021	0,0	0,0	1,0	0,1
	среднее	0,1	0,0	1,5	0,3
		2 обработка (Z 59-61)			
Цветение (Z 61-65)	2019	0,5	0,1	4,1	0,4
	2020	0,3	0,1	2,3	0,3
	2021	6,7	4,1	20,1	2,3
	среднее	2,5	1,4	8,8	6,9
Молочно-восковая спелость (Z 75-77)	2019	4,3	1,9	13,3	2,2
	2020	0,5	0,2	3,1	0,9
	2021	12,1	6,9	32,7	4,0
	среднее	5,6	3	16,4	10,6
Восковая спелость (Z 85-87)	2019	6,3	3,6	18,4	2,1
	2020	0,7	0,3	3,8	0,5
	2021	16,4	9,5	42,2	3,3
	среднее	7,8	4,5	21,5	13,6

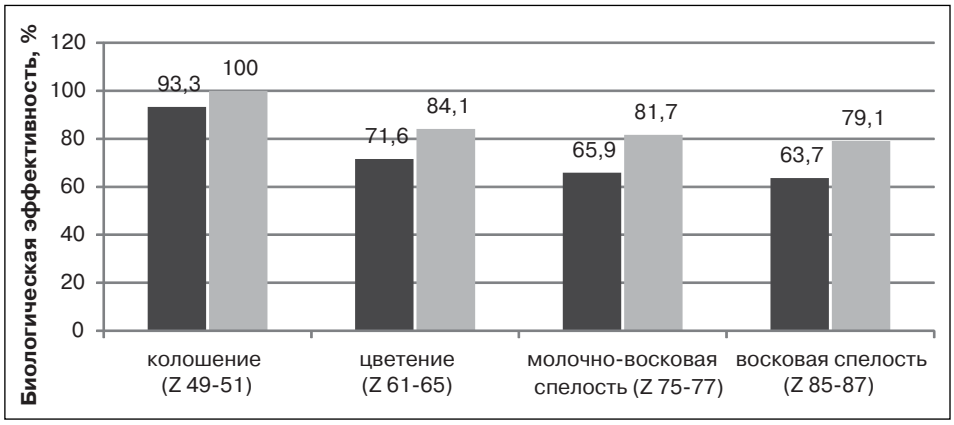


Рис. 5. Биологическая эффективность фунгицидов против желтой пятнистости листьев озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.), %: ■ – биологизированная защита; ■ – химическая защита.

желтой пятнистости – больше на 23,8 % и на 38,4 %, по сравнению с предыдущими годами (табл. 3).

Среднее развитие заболевания в годы исследований в фазе восковой спелости в контроле, без обработки составило 21,5 %. Биологическая эффективность фунгицидов против желтой пятнистости листьев была ниже, чем против септориоза, на 8 % (химическая защита) – 13 % (биологизированная защита). Это связано с интенсивным развитием возбудителя *P. tritici-repentis* в вегетационные сезоны 2019 г. и 2021 г. При этом биологизированная защита способствовала снижению развития болезни в среднем на 63,7 %, химическая – на 79,1 % (рис. 5).

Бурую ржавчину пшеницы в весеннее-летний вегетационный сезон 2019 г. на сорте Гром отмечали единично (R < 1,0 %), в 2020 г. максимальное развитие в фазе восковой спелости достигало 19,3 %. Сезон 2021 г. отличался эпифитотийным развитием бурой ржавчины, величина этого показателя достигала 43,3 % (табл. 4).

Первые симптомы заболевания отмечали в конце фазы выхода в трубку, к восковой спелости в среднем за годы исследований в контроле его развитие достигало 31,3 %. На высоком инфекционном фоне эффективность применения биологизированной защиты составила 11,8 %, химической – 78,9 % (рис. 6).

Биологические фунгициды не обеспечивали эффективного сдерживания распространения и развития возбудителя бурой ржавчины. Результаты наших исследований согласуются с данными других авторов. Так, эффективность препарата Витаплан, СП против этого заболевания в работах Краснобаевой И. Л. с соавторами не превышала 10 % [27]. По данным Сапожкова М. В., при развитии ржавчины в контроле 0,3 %, эффективность штамма бактерии *B. subtilis* составила 33,9 % [28].

Таблица 4. **Развитие бурой ржавчины озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.), %**

Способ защиты	*Фаза учета и обработки*											
	1 обработка (Z 32-33); 2 обработка (Z 59-61)											
	колошение (Z 49-51)			*цветение (Z 61-65)*			*молочно – восковая спелость (Z 75-77)*			*восковая спелость (Z 85-87)*		
	2020 г.	*2021 г.*	*среднее*	*2020 г.*	*2021 г.*	*среднее*	*2020 г.*	*2021 г.*	*среднее*	*2020 г.*	*2021 г.*	*среднее*
Биологизированная	0,5	7,7	4,1	9,2	27,4	18,3	15,2	34,3	24,8	16,1	39,1	27,6
Химическая	0,1	1,5	0,8	1,3	4,9	3,1	2,3	6,3	4,3	3,7	9,5	6,6
Контроль (без обработки)	2,1	11,5	6,8	11,7	32,8	23,2	18,5	38,5	28,5	19,3	43,3	31,3
$НСР_{05}$	0,3	2,7	3,8	2,1	4,1	8,8	2,0	3,1	8,7	2,1	2,7	10,9

Установлено влияние различных систем защиты на структуру урожая зерна озимой пшеницы сорта Гром. Так, в варианте с биологизированной защитой масса 1000 зерен составила 30,5 г, количество зерен в одном колосе – 35,6 шт., масса зерна в одном колосе – 1,3 г. При применении химической защиты масса 1000 зерен была выше на 2,8 г, а величины остальных показателей находились на таком же уровне (табл. 5).

Результаты статистической обработки данных свидетельствуют о значимом влиянии различных способов защиты, а также метеоусловий вегетационных сезонов на урожайность озимой пшеницы. В среднем за годы исследования в контроле она составила 49,1 ц/га. Применение биологизированной защиты способствовало сохранению 6,0 ц/га (12,2 %), химической системы – 8,5 ц/га (17,3 %).

Отмечена высокая экономическая эффективность защиты озимой пшеницы от фитопатогенов. Затраты в варианте с биологизированной системой составили

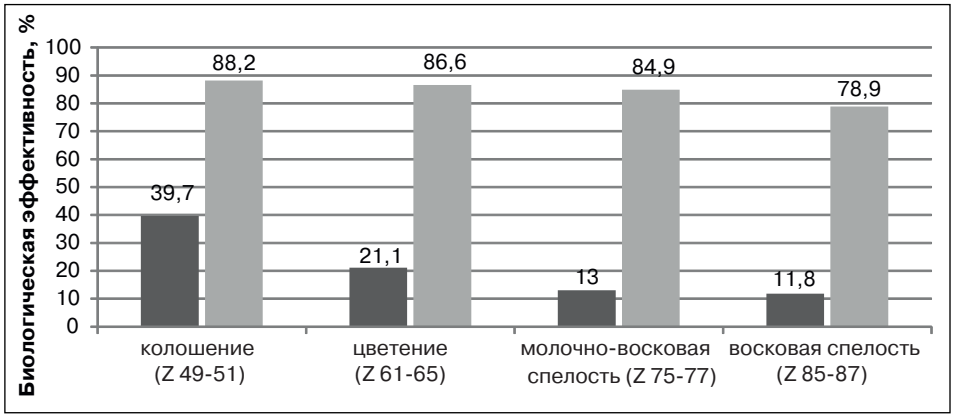


Рис. 6. Биологическая эффективность фунгицидов против бурой ржавчины озимой пшеницы сорта Гром (среднее за 2018–2021 гг.), %: ■ – биологизированная защита; ■ – химическая защита.

Таблица 5. **Влияние систем защиты на структуру урожая озимой пшеницы сорта Гром (2018–2021 гг.)**

Способ защиты	Элемент структуры урожая											
	масса 1000 зерен, г				количество зерен в 1 колосе, шт.				масса зерна в 1 колосе, г			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Биологизированная	30,5	28,3	32,7	30,5	33,7	34,8	38,4	35,6	1,1	1,1	1,5	1,3
Химическая	34,2	31,6	34,2	33,3	35,6	31,1	39,7	35,5	1,3	1,1	1,5	1,3
Контроль (без обработки)	29,6	27,9	31,6	29,7	33,6	30,2	37,1	33,6	1,0	1,0	1,4	1,1
$НСР_{05}$	0,7	0,4	0,7	1,9	0,4	0,6	1,1	3,7	0,1	0,1	0,2	0,2

3914 руб./га, а чистая прибыль при среднерыночной цене за 1 т зерна 15000 руб., находилась на уровне 5086 руб./га. В варианте с химической защитой затраты возрастали на 3152 руб./га, а чистая прибыль – только на 598 руб./га (табл. 6).

Таблица 6. **Влияние систем защиты на урожайность озимой пшеницы сорта Гром (2018–2021 гг.)**

Способ защиты	Урожайность, ц/га				Сохраненный урожай по отношению к контролю (без обработки), в среднем за 3 года	
	2019	2020	2021	среднее	ц/га	%
Биологизированная	56,9	46,1	62,2	55,1	6,0	12,2
Химическая	59,1	47,8	65,9	57,6	8,5	17,3
Контроль (без обработки)	50,2	41,1	56,1	49,1	–	–
$НСР_{05}$ фактор год = 0,5 ц/га; $НСР_{05}$ фактор система защиты = 0,5 ц/га; $НСР_{05}$ частных различий = 0,9 ц/га						

Выводы. Результаты исследований свидетельствуют об эффективности биологизированной защиты озимой пшеницы от фитопатогенов. Биологическая эффективность против фузариозной корневой гнили в фазе молочно-восковой спелости при ее использовании составила 54,9 %, против септориоза листьев – 77,0 %, против желтой пятнистости листьев – 63,7 %. Эффективность химической защиты против корневой гнили была ниже на 3,7 %, против септориоза листьев и желтой пятнистости листьев выше – на 9,2 и 15,4 % соответственно. Применение биофунгицидов не оказывало существенного влияния на развитие возбудителя бурой ржавчины, эффективность против патогена находилась на уровне 11,8 %, в варианте с химической защитой она достигала 78,9 %. Размер сохраненного урожая по отношению к контролю (без обработки) в варианте с биологизированной защитой составил 6,0 ц/га, с химической – 8,5 ц/га. Отмечена высокая экономическая эффективность защитных мероприятий. Чистая прибыль от их использования находилась на уровне 5086... 5684 руб./га.

Изученная биологизированная система защиты озимой пшеницы от комплекса патогенов рекомендована для сельскохозяйственного производства с целью снижения пестицидной нагрузки на агроэкосистемы.

Литература.

1. Судденко В. Ю., Каленская С. М. Влияние пестицидов на урожайность и посевные качества семян пшеницы мягкой яровой // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 2 (30). С. 28–33. doi: 10.18286/1816-4501-2015-2-28-33.

2. Септориозы зерновых культур и их вредоносность / Н. А. Крупенько, Е. И. Жук, С. Ф. Буга и др. // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2017. № 4. С. 66–75.

3. Торопова Е. Ю., Казакова О. А., Пискарев В. В. Эпифитотический процесс септориоза на сортах яровой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 2. С. 139–148. doi: 10.18699/VJ20.609.

4. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2021 году и прогноз развития вредных объектов в 2022 году / Д. Н. Говоров, А. В. Живых, А. А. Шабельникова и др. / Под ред. Говорова Д. Н., Живых А. В. М.: РСЦ, 2022. 156 с.

5. Исследования по обнаружению пестицидов в мясе и ветеринарносанитарные мероприятия по снижению их содержания / В. П. Яремчук, Д. И. Удавлиев, Е. В. Павлова и др. // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2016. № 3 (19). С. 20–24.

6. Иванченко Т. В., Резанова Г. И., Игольникова И. С. Значение пестицидов в посевах озимой пшеницы и применение их в интегрированной системе защиты растений в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 72–79.

7. Каримов Х. Н., Узаков З. З. Состояние загрязнения орошаемых лугово-сероземных почв остаточными количествами пестицидов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (50). С. 75–81. doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-75-81.

8. Антифунгальная активность против патогенов зерновых культур и изучение антибиотика штамма Streptomyces sp. К-541, выделенного из экстремальных экосистем Казахстана / Л. П. Треножникова, А. С. Балгимбаева, Г. Д. Ултанбекова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 96–102. doi: 10.15389/agrobiology.2018.1.96rus.

9. Выделение и характеристика антигрибных метаболитов штаммов Bacillus subtilis BZR 336g и Bacillus subtilis BZR 517 модифицированным методом биоавтографии / Т. М. Сидорова, А. М. Асатурова, А. И. Хомяк и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 178–185. doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.178rus.

10. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) / И. В. Максимов, Б. П. Сингх, Е. А. Черепанова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 1. С. 19–34. doi: 10.31857/S0555109920010134.

11. Штаммы бактерий – антагонистов Pyrenophora tritici – repentis in vitro эффективные против желтой пятнистости листьев пшеницы в фазе всходов в вегетационном опыте / О. Ю. Кремнева, А. М. Асатурова, М. Д. Жарникова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 1. С. 99–106. doi: 10.15389/agrobiology.2015.1.99rus.

12. Совместное использование штаммов микроорганизмов и хитозановых комплексов для повышения урожайности пшеницы (Triticum aestivum L.) / Л. Е. Колесников, Э. В. Попова, И. И. Новикова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 1024–1040. doi: 10.15389/agrobiology.2019.5.1024rus.

13. Перспективы использования псевдомонад, ассоциированных с почвенными люмбрицидами, против возбудителей корневых гнилей яровых зерновых / О. М. Минаева, Е. Е. Акимова, Н. Н. Терещенко и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 91–100. doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.91rus.

14. Экологизированная система защиты пшеницы на основе новых оригинальных биофунгицидов / А. М. Асатурова, Н. С. Томашевич, Н. А. Жевнова и др. // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1 (17). С. 31–42.

15. Гришечкина Л. Д., Долженко В. И. Микробиологические препараты для защиты пшеницы от возбудителей грибных болезней // Агрохимия. 2017. № 6. С. 81–91.

16. Базанова А. С. Эффективность биофунгицидов против септориоза озимой пшеницы в условиях лесостепи Алтайского приобья // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 6–7.

17. Изучение антагонистических и ростстимулирующих свойств штаммов Bacillus subtilis, перспективных для создания эффективных биофунгицидов / А. М. Асатурова, Т. М. Сидорова, Н. С. Томашевич и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 3. С. 263–272. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.263-272.

18. Биологическая эффективность фунгицида микробного происхождения на озимой и яровой пшенице / Т. Ю. Коршунова, Н. Н. Силищев, Т. Ф. Бойко и др. // Агро XXI. 2008. № 4-6. С. 32–33.

19. Сидорова Т. М., Асатурова А. М., Хомяк А. И. Биологически активные метаболиты Bacillus subtilis и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 29–37. doi: 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus.

20. Organochlorine pesticides contamination in agricultural soils of southern Iran / R. Kafaei, H. Arfaeinia, A. Savari, et al. // Chemosphere. 2020. Vol. 240. Article 124983. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519322222?via%3Dihub (дата обращения: 13.02.2022). doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124983.

21. Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (Triticum aestivum L.) и картофеля (Solanum tuberosum L.) // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 665–672. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus.

22. Монастырский О. А. Биопрепараты: типы, рынки в России и в других странах // Агрохимия. 2019. № 11. С. 86–90.

23. Павлюшин В. А., Новикова И. И., Бойкова И. В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.

24. Сорта пшеницы и тритикале Краснодарского НИИСХ имени П.П. Лукьяненко / Л. А. Беспалова, А. А. Романенко, Ф. А. Колесников и др. Краснодар: ЭДВИ, 2017. 167 с.

25. Гончаров Н. Р. Методические подходы к экономической оценке эффективности мероприятий по защите растений в условиях отдельного эксперимента // Вестник защиты растений. 2017. № 3 (93). С. 44–54.

26. Влияние бактерий Bacillus subtilis 26D на содержание пероксида водорода и активность пероксидазы в растениях яровой пшеницы / И. В. Максимов, Р. Р. Абизгильдина, З. Р. Юсупова и др. // Агрохимия. 2010. № 1. С. 55–60.

27. Краснобаева И. Л., Коваленко Н. М., Попова Э. В. Влияние хитина на биологическую активность штаммов Bacillus subtilis // Вестник защиты растений. 2020. Т. 103. № 4. С. 233–240.

28. Сапожков М. В. Влияние некорневой обработки аборигенными штаммами Bacillus subtilis на урожайность озимой пшеницы и распространение болезней грибной этиологии в условиях лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (51). С. 43–48. doi: 10.17238/issn2071-2243.2016.4.43.

References

1. Suddenko VYu, Kalenskaya SM. [Influence of pesticides on the yield and sowing qualities of common spring wheat seeds]. Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2015;(2):28-33. Russian. doi: 10.18286/1816-4501-2015-2-28-33.

2. Krupen'ko NA, Zhuk EI, Buga SF, et al. [Septoria of cereals and their harmfulness]. Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk. 2017;(4):66-75. Russian.

3. Toropova EYu, Kazakova OA, Piskarev VV. [Epiphytotic process of Septoria blight on spring wheat varieties]. Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2020;24(2):139-48. Russian. doi: 10.18699/VJ20.609.

4. Govorov DN, Zhivykh AV, Shabel'nikova AA, et al., authors; Govorov DN, Zhivykh AV, editors. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v RF v 2021 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob"ektov v 2022 godu [Review of the phytosanitary state of crops in the Russian Federation in 2021 and the forecast for the development of harmful objects in 2022]. Moscow: RSTs; 2022. 156 p. Russian.

5. Yaremchuk VP, Udavliev DI, Pavlova EV, et al. [Research on the detection of pesticides in meat and veterinary and sanitary measures to reduce their content]. Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii. 2016;(3):20-4. Russian.

6. Ivanchenko TV, Rezanova GI, Igol'nikova IS. [Importance of pesticides in winter wheat crops and their use in the integrated plant protection system in the dry steppe zone of the Lower Volga region]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016;(3):72-9. Russian.

7. Karimov KhN, Uzakov ZZ. [State of contamination of irrigated meadow-serozem soils with residual quantities of pesticides]. Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2020;(2):75-81. Russian. doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-75-81.

8. Trenozhnikova LP, Balgimbaeva AS, Ultanbekova GD, et al. [Antifungal activity against pathogens of grain crops and the study of antibiotic strain Streptomyces sp. K-541 isolated from extreme ecosystems of Kazakhstan]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2018;53(1):96-102. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2018.1.96rus.

9. Sidorova TM, Asaturova AM, Khomyak AI, et al. [Isolation and characterization of antifungal metabolites of Bacillus subtilis BZR 336g and Bacillus subtilis BZR 517 strains by a modified bioautography method]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019;54(1):178-85. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.178rus.

10. Maksimov IV, Singkh BP, Cherepanova EA, et al. [Prospects for the use of bacteria-producers of lipopeptides for plant protection (review)]. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2020;56(1):19-34. Russian. doi: 10.31857/S0555109920010134.

11. Kremneva OYu, Asaturova AM, Zharnikova MD, et al. [Bacterial strains - antagonists of Pyrenophora tritici - repentis in vitro effective against yellow spot of wheat leaves in the germination phase in a vegetative experiment]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2015;50(1):99-106. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2015.1.99rus.

12. Kolesnikov LE, Popova EV, Novikova II, et al. [Combined use of strains of microorganisms and chitosan complexes to increase the yield of wheat (Triticum aestivum L.)]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019;54(5):1024-40. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2019.5.1024rus.

13. Minaeva OM, Akimova EE, Tereshchenko NN, et al. [Prospects for the use of Pseudomonas associated with soil lumbricides against root rot pathogens of spring cereals]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019;54(1):91-100. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.91rus.

14. Asaturova AM, Tomashevich NS, Zhevnova NA, et al. [Ecological wheat protection system based on new original biofungicides]. Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2019;(1):31-42. Russian.

15. Grishechkina LD, Dolzhenko VI. [Microbiological preparations for the protection of wheat from pathogens of fungal diseases]. Agrokhimiya. 2017;(6):81-91. Russian.

16. Bazanova AS. [The effectiveness of biofungicides against Septoria blight of winter wheat under the forest-steppe conditions of the Altai Ob region]. Vestnik molodezhnoi nauki Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018;(1):6-7. Russian.

17. Asaturova AM, Sidorova TM, Tomashevich NS, et al. [Study of antagonistic and growth-stimulating properties of Bacillus subtilis strains, promising for the development of effective biofungicides]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020;21(3):263-72. Russian. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.263-272.

18. Korshunova TYu, Silishchev NN, Boiko TF, et al. [Biological effectiveness of the fungicide of microbial origin on winter and spring wheat]. Agro XXI. 2008;(4-6):32-3. Russian.

19. Sidorova TM, Asaturova AM, Khomyak AI. [Biologically active metabolites of Bacillus subtilis and their role in the control of phytopathogenic microorganisms]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2018;53(1):29-37. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus.

20. Kafaei R, Arfaeinia H, Savari A, et al. Organochlorine pesticides contamination in agricultural soils of southern Iran. Chemosphere [Internet]. 2020 [cited 2022 Feb 13];240: Article 124983. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519322222?via%3Dihub. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124983.

21. Rabinovich GYu, Kovalev NG, Smirnova YuD. [Application of new biofertilizers and biological products in the cultivation of spring wheat (Triticum aestivum L.) and potatoes (Solanum tuberosum L.)]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2015;50(5):665-72. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus.

22. Monastyrskii OA. [Biological preparations: Types, markets in Russia and in other countries]. Agrokhimiya. 2019;(11):86-90. Russian.

23. Pavlyushin VA, Novikova II, Boikova IV. [Microbiological protection of plants in technologies of phytosanitary optimization of agroecosystems: Theory and practice (review)]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020;55(3):421-38. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.

24. Bespalova LA, Romanenko AA, Kolesnikov FA, et al. Sorta pshenitsy i tritikale Krasnodarskogo NIISKh imeni P.P. Luk'yanenko [Varieties of wheat and triticale, developed at the Lukyanenko Krasnodar Research Institute of Agriculture]. Krasnodar (Russia): EDVI; 2017. 167 p. Russian.

25. Goncharov NR. [Methodological approaches to the economic evaluation of the effectiveness of plant protection measures in a separate experiment]. Vestnik zashchity rastenii. 2017;(3):44-54. Russian.

26. Maksimov IV, Abizgil'dina RR, Yusupova ZR, et al. [Effect of bacteria Bacillus subtilis 26D on the content of hydrogen peroxide and peroxidase activity in spring wheat plants]. Agrokhimiya. 2010;(1):55-60. Russian.

27. Krasnobaeva IL, Kovalenko NM, Popova EV. [Effect of chitin on the biological activity of Bacillus subtilis strains]. Vestnik zashchity rastenii. 2020;103(4):233-40. Russian.

28. Sapozhkov MV. [Influence of foliar treatment with native strains of Bacillus subtilis on the yield of winter wheat and the spread of diseases of fungal etiology under the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem region]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016;(4):43-8. Russian. doi: 10.17238/issn2071-2243.2016.4.43.

Требования к оформлению статей в журнале «Достижения науки и техники АПК»

В статье должно быть кратко изложено состояние дел по изучаемой проблеме со ссылками на публикации (желательно не менее трех ссылок). Затем указаны цели, задачи, условия и методы исследований. Подробно представлены результаты экспериментов и их анализ. Сделаны выводы и даны предложения производству. В статье следует по возможности выделять следующие блоки: введение; цель и задачи исследований; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; выводы.

Вместе со статьей должны быть представлены перевод названия на английский язык; аннотация (200-250 слов) на русском и английском языках; ключевые слова на русском и английском языках; полные почтовые адреса всех учреждений, в которых работают авторы, на русском и английском языке; ученые степени и должности авторов на русском и английском языке код УДК; библиографический список.

В тексте ссылка на источник отмечается соответствующей цифрой в квадратных скобках в порядке цитирования. В списке литературы приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. Использование цитат без указания источника информации запрещается.

Материал для подачи в журнал набирается в текстовом редакторе Word версия не ниже 97 файл с расширением *.rtf.

Объем публикации 12-16 стр. машинописного текста набранного шрифтом Times New Roman, размер кегля 14 с полуторным интервалом. На 2,5 страницы текста допускается не более 1 рисунка или таблицы.

Статьи необходимо направлять с сопроводительным письмом с указанием сведений об авторах (фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, место работы и занимаемая должность) на русском и английском языке, контактных телефонов и адреса электронной почты для обратной связи.

На публикацию представляемых материалов необходимо письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились исследования. Его вместе с одним экземпляром рукописи, подписанным авторами, и статьей в электронном виде нужно отправлять по адресу: 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 166, ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК». Для ускорения выхода в свет материалы в электронном виде можно направлять по адресу: agroapk@mail.ru.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Несоответствие статьи по одному из перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, содержащие сведения о результатах научных исследований, рецензируются, по итогам рецензирования принимается решение о целесообразности опубликования материалов.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_26
УДК 631.81:632.4.01/.08

Применение микробиологических препаратов при возделывании арбуза*

С. Н. НЕКОВАЛЬ, А. В. ЗАХАРЧЕНКО, А. К. ЧУРИКОВА, О. А. МАСКАЛЕНКО, В. Д. НАДЫКТА
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследование проводили с целью изучения влияния интегрированной и биологической систем защиты на состав почвенной микобиоты, фитопатогенные инфекции, биометрические показатели, урожайность и качество плодов растений арбуза. Испытания выполняли в условиях Анапо-Таманской агроклиматической зоны Краснодарского края. Почва – чернозем южный. Объект исследований – арбуз сорта Аватар. Варианты опыта: контроль (без обработок), интегрированная (эталон) и биологическая системы защиты. В варианте с биологической защитой отмечена лучшая эффективность, по сравнению с эталоном, в отношении *Alternaria* spp. (количество КОЕ ниже на 33,3 % в первый год исследований и в 2,3 раза – во второй), против *Verticillium* spp. (в первый год разница составила 63,3 %, во второй год *Verticillium* spp. не обнаружено). Против *Fusarium* spp. эффективность была ниже: количество КОЕ в первый год исследований выше на 25,8 %, во второй – в 2,75 раза. За период исследований в эталонном варианте опыта количество грибов *Trichoderma* spp. увеличилось с 0 до 2,06 тыс./г, в варианте с биологической системой защиты – с 0 до 4,13 тыс./г. Лучший результат отмечен при использовании биологической системы защиты: доля патогенов от общего количества микомицетов составила 9,5 %, супрессоров – 90,5 %. На растениях арбуза развития фитопатогенов не наблюдали. В варианте с биологической защитой вегетативная масса на 37,3 и 10,4 % превышала величины этих показателей в контроле и при использовании эталона; количество плодов с растения, по сравнению с эталоном, было меньше на 17,3 %, масса одного плода – больше на 2,4 %. Самая высокая в опыте урожайность отмечена в эталонном варианте – на 17,3 % больше, чем при биологической защите, наибольшая товарность (90,8 %) и наилучшие качественные характеристики плодов – в варианте с биологической защитой арбуза.
Ключевые слова: арбуз (*Citrullus lanatus*), интегрированная система защиты, биологическая система защиты, микробиологические препараты, патогенная микобиота, супрессивная микобиота, биометрические показатели, биохимические показатели.
Сведения об авторах: С. Н. Нековаль, кандидат биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: s.nekoval@yandex.ru); А. В. Захарченко, научный сотрудник; А. К. Чурикова, научный сотрудник; О. А. Маскаленко, научный сотрудник; В. Д. Надыкта, академик РАН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник.
Для цитирования: Применение микробиологических препаратов при возделывании арбуза / С. Н. Нековаль, А. В. Захарченко, А. К. Чурикова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 26–32. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_26.

**исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме FGRN-2021-0001*

Use of microbiological preparations during the cultivation of watermelon

S. N. Nekoval, A.V. Zakharchenko, A. K. Churikova, O. A. Maskalenko, V. D. Nadykta
Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The research aimed to study the effect of integrated and biological protection systems on the composition of soil mycobiota, phytopathogenic infections, biometric indicators, yield and quality of watermelon fruit. The tests were carried out under the conditions of the Anapo-Taman agroclimatic zone of the Krasnodar Territory. The soil was southern chernozem. The study object was the watermelon variety Avatar. The test options were control (without treatments), integrated (standard) and biological protection systems. Using the last one, the best efficiency was observed, in comparison with the standard, against *Alternaria* spp. (the number of CFU was lower by 33.3% during the first year of research and 2.3 times during the second one) and *Verticillium* spp. (in the first year the difference was 63.3%, in the second – *Verticillium* spp. was not found). Against *Fusarium* spp. the efficiency was lower: the number of CFUs in the first year of studies was higher by 25.8%, in the second – 2.75 times. During the research period in the standard variant of the experiment, the number of *Trichoderma* spp. fungi increased from 0 to 2.06 thousand/g, in the variant with the biological protection system – from 0 to 4.13 thousand/g. The best result was observed when using the biological protection system: the share of pathogens in the total number of mycomycetes was 9.5%, suppressors – 90.5%. The development of phytopathogens was not observed in watermelon plants. In the variant with biological protection, the vegetative mass exceeded the values of these indicators by 37.3 and 10.4% in the control and when using the standard; the number of fruits per plant was 17.3% more than in the standard, the weight of one fruit was 2.4% more. The highest yield in the experiment was observed in the reference variant, 17.3% higher than with the biological protection. The highest marketability (90.8%) and the best quality characteristics of fruits were in the variant with biological protection of watermelon.
Keywords: watermelon (*Citrullus lanatus*); integrated protection system, biological protection system; microbiological preparations; pathogenic mycobiota; suppressive mycobiota; biometric parameters; biochemical parameters.
Author Details: S. N. Nekoval, Cand. Sc. (Biol.), head of laboratory (e-mail: s.nekoval@yandex.ru); A. V. Zakharchenko, research fellow; A. K. Churikova, research fellow; O. A. Maskalenko, research fellow; V. D. Nadykta, member of the RAS, D. Sc. (Techn.), chief research fellow.
For citation: Nekoval SN, Zakharchenko AV, Churikova AK, et al. [Use of microbiological preparations during the cultivation of watermelon]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):26-32. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_26.

Арбуз обыкновенный (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) принадлежит к семейству Тыквенные (*Cucurbitaceae*) и выступает значимой сельскохозяйственной культурой, широко культивируемой во всем мире [1, 2]. Потребление арбуза важно для поддержания здоровья человека, так как его плоды содержат ликопин, витамин С, β-каротин, полифенолы, обладающие противовоспалительными, противоопухолевыми и антиоксидантными свойствами, а также служат ценным источником витаминов В, С и Е, фосфора, магния, кальция и железа [3].

Россия занимает 4 место в мире по площади выращивания растений арбуза (100 тыс. га, или 2,3 % от общемировых площадей) после Китая, Индии и Ирана. По валовому сбору наша страна занимает 9 позицию – за 2020 г. собрано 1584 тыс. т плодов (0,98 % от общемирового урожая) (*https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL*). Краснодарский край – один из наиболее благоприятных

по метеорологическим условиям регионов для возделывания арбуза, так как последний – культура не холодостойкая, а для его выращивания необходим длительный и теплый вегетационный период с температурами от 21 до 29 ˚С [4]. Среди регионов России в 2020 г. Краснодарский край занял 3-е место по площади выращивания (4,99 тыс. га, или 11,3 %) и валовым сборам (46,66 тыс. т, или 8,1 %) бахчевых продовольственных культур в товарном секторе [5].

Для удовлетворения растущего потребительского спроса на продукцию арбуза, помимо селекционной работы, ориентированной на увеличение продуктивности сортов и гибридов, в период вегетации необходимо проводить комплекс фитосанитарных, защитных и агрохимических мероприятий, направленных на достижение наибольшей урожайности культуры [6, 7]. Уменьшение продуктивности растений арбуза, наряду с интенсивным развитием болезней, часто происходит вследствие снижения плодородия почвы и нарушения в почвенной микробиоте баланса «патоген – супрессор» в пользу первых [8]. Так, заболевания, передаваемые через почву, в частности, фузариозное увядание, вызываемое грибами рода *Fusarium,* ежегодно приводят к огромным потерям урожая культуры.

Длительное время наиболее эффективным способом борьбы с патогенами считали химический, однако повышение стоимости фунгицидов, загрязнение грунтовых вод и почвы, сокращение биоразнообразия почвенных микроорганизмов, появление устойчивых штаммов патогенов из-за частого и необоснованного применения фунгицидов, диктуют необходимость поиска альтернативных и экологически безопасных стратегий защиты и способов повышения супрессивности почв [9, 10].

Так как регулирование экологического баланса почвенных микромицетов способствует ингибированию заболеваний, контроль патогенов в почве можно обеспечить путем проведения обработки растительных остатков, почвы и растений микробиологическими препаратами на основе грибов и бактерий-антагонистов [8, 11, 12]. Некорневые обработки растений в период вегетации способны сдерживать развитие болезней и контролировать численность вредителей. Кроме того, некоторые агенты биоконтроля, в частности, грибы р. *Trichoderma* и бактерии р. *Bacillus,* входят в состав многих микробиологических удобрений и выступают эффективными стимуляторами роста растений [13, 14, 15].

Цель исследований – изучение биологической эффективности различных систем защиты арбуза с использованием микробиологических препаратов в условиях Краснодарского края.

В задачи исследований входило: определение состава почвенной микобиоты до и после применения интегрированной и биологической систем защиты арбуза и сравнение их эффективности; оценка эффективности систем защиты против болезней в период вегетации, их влияния на рост, развитие, продуктивность растений арбуза и качественные показатели плодов.

Условия, материалы и методы. Испытания проводили в 2020–2021 гг. в условиях Анапо-Таманской агроклиматической зоны Краснодарского края (хутор Стрелка, Темрюкский район). Почва опытного участка – чернозем южный, pH водной вытяжки в пахотном слое – 7,4, содержание гумуса (по ГОСТ 26213-91) – 1,1 %, общего азота (по ГОСТ 26107-84) – 0,06 %, подвижных соединений фосфора и калия по Мачигину (ГОСТ 26205-91) – соответственно 10,5 и 15,0 мг/100 г, сумма обменных оснований (по Каппену) – 20,6 мг-экв./100 г.

Объект исследований – арбуз сорта Аватар. Предшественник в первый год исследований – капуста, во второй – арбуз. Высадку рассады арбуза осуществляли во 2 декаде мая методом двухстрочной (ленточной) посадки. Схема посадки 0,4 м × 0,8 м при расстоянии между рядами 3,3 м.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2020–2021 гг. различались. В 2020 г. средняя температура воздуха в период посадки рассады арбуза и наступления фазы «шатрик» (2…3 декады мая) составляла 16,4 ˚С, что на 1,1 ˚С ниже среднемноголетних значений, одновременно отмечали дефицит осадков (60 % от нормы). В целом этот период характеризовался некоторой засушливостью при гидротермическом коэффициенте (ГТК) 0,7. Июнь (фазы плетеобразования – цветения) отличался избыточной увлажненностью (ГТК=1,7). Средняя температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 2,2 ˚С при обильном выпадении осадков – в 1,7 раз выше нормальных значений. Погодные условия в фазы цветения – формирования плодов (июль) были благоприятными: среднесуточная температура воздуха достигала 25,2 ˚С, что выше среднемноголетней на 2,2 ˚С. Сумма осадков находилась на уровне нормы и, хотя по величине ГТК (0,7) этот период характеризовался как засушливый, наличие капельного орошения нивелировало недостаток увлажнения для формирования плодов. Период сбора плодов (1 декада августа) отличался довольно засушливыми условиями (ГТК=0,2): среднесуточная температура воздуха на 1,2 ˚С превышала среднемноголетнюю при сумме осадков в 3 раза ниже нормы.

Во 2…3 декадах мая 2021 г. условия для посадки и дальнейшего развития растений арбуза были благоприятными: температура воздуха незначительно превышала обычную при некотором дефиците осадков (78 % от среднемноголетних значений, ГТК=0,8). В фазы плетеобразования – цветения при незначительном превышении среднемноголетних показателей температуры воздуха количество осадков составило 87 % от нормы (ГТК=0,9). Июль характеризовался засушливостью (ГТК=0,5), что не имело критически важного значения для прохождения фаз цветения и формирования плодов при наличии капельного орошения. Температура воздуха в этот период на 3,1 ˚С превышала норму, количество осадков составляло 69 % от среднемноголетних значений. Период сбора плодов (1 декада августа) сопровождался обильным выпадением осадков – на 41 % выше нормы, температура воздуха незначительно превышала среднемноголетнюю, ГТК =0,9.

В целом, при наличии капельного орошения, метеоусловия за годы проведения исследований складывались относительно благоприятно для роста и развития растений арбуза.

На опытном участке проводили следующие агротехнические мероприятия: осенняя вспашка плугом ПЛН-3-35 (МТЗ-82), ранневесеннее боронование БДТ-3, перед укладкой мульчирующей пленки – культивация КПС-4, укладку пленки проводили с фрезерованием модифицированной фрезой ФРН-2К, междурядные культивации – культиватором КПС-4, мульчирующую пленку убирали вручную, после уборки урожая осуществляли скашивание растений косилкой-мульчером Ino MS-170 с последующим дискованием с заделкой растительных остатков в почву на глубину 10…15 см.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: контроль (без обработок), интегрированная (эталон) и биологическая системы защиты.

В системе биологической защиты против болезней использовали следующие препараты (табл. 1): микро-

Таблица 1. **Система биологической защиты арбуза**

Препарат	*Норма расхода*	*Кратность применения*	*Фаза развития растений*	*Способ применения*
Геостим, Ж	5 л/га	1	плетеобразование	внесение в почву
БСка-3, Ж	5 л/т	4	цветение – формирование плодов	внесение в почву
БФТИМ КС-2, Ж	7 л/га	6	плетеобразование – цветение – формирование плодов	опрыскивание
Инсетим, Ж	7 л/га	7	плетеобразование – цветение – формирование плодов	опрыскивание

биологическое удобрение Геостим, Ж (*Trichoderma viride,* титр не менее 6 г/дм^3*, Azomonas agilis* (ВКПМ В-3163), 1 × 10^9 КОЕ/см^3*, Azotobacter chroococcum* DSM 281 (ВКПМ В-9295), 1 × 10^9 КОЕ/см^3); микробиологическое удобрение комплексного действия с защитными функциями БСКа-3, Ж (*Trichoderma viride* 256 (ВКПМ F-294), 1,5г/дм^3; *Pseudomonas koreensis* Ар33 (ВКПМ В-3481), 2,5 × 10^8 КОЕ/см^3; *Bacillus subtilis* 17 *(Bacillus acidocaldarius)* (ВКПМ В-5250), 2,5 × 10^8 КОЕ/см^3; *Bradyrhizobium japonicum* (*Rhizobium japonicum*) 614а (ВКПМ В-1978), 2,5 × 10^8 КОЕ/см^3); биофунгицид БФТИМ КС-2, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens* КС-2 (ВКПМ В-11141), 1 × 10^9 КОЕ/мл). Против вредителей использовали биоинсектоакарицид Инсетим, Ж (*Bacillus thuringiensis, subsp. Thuringiensis* (ИПМ-1140), 2 × 10^9 КОЕ/см^3).

Таблица 2. **Система интегрированной защиты арбуза**

Препарат	*Норма расхода*	*Кратность применения*	*Фаза развития растений*	*Способ применения*
Оргамика Ф, Ж	1 л/га	1	пролив почвы перед посадкой	внесение в почву
Форс, Г	7 кг/га	1	перед посадкой	внесение в лунки при посадке
Псевдобактерин-3, Ж	2 л/га	6	шатрик –плетеобразование – цветение – формирование плодов	пролив почвы после высадки растений опрыскивание
Оргамика С, Ж	2 л/га	5	шатрик –плетеобразование – цветение	опрыскивание
Мовенто Энерджи, КС	0,6 л/га	2	плетеобразование	опрыскивание
Восторг, КС	0,3 кг/га	1	цветение	опрыскивание
Волиам Флекси, СК	0,2 кг/га	2	цветение –формирование плодов	опрыскивание
Фитоверм, КЭ	0,2 л/га	1	цветение –формирование плодов	опрыскивание
Консенто, КС	1,75 л/га	1	цветение –формирование плодов	опрыскивание

Система интегрированной защиты, используемая в хозяйстве (эталон) против болезней (табл. 2) предусматривала применение биологических фунгицидов Оргамика Ф, Ж (*Trichoderma asperellum*, штамм OPF-19, 10^8 КОЕ/мл), Оргамика С, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens,* В–12464, 5 × 10^9 КОЕ/мл), Псевдобактерин-3, Ж (*Pseudomonas aureofaciens*, ВКМ В-2391Д, 2 × 10^9 КОЕ/мл), химического фунгицида Консенто, КС (пропамокарб гидрохлорид, 375 г/л; фенамидон, 75 г/л), инсектицидов Фитоверм, КЭ (аверсектин С, 2 г/л), Форс, Г (тефлутрин, 15 г/кг), Мовенто Энерджи, КС (имидаклоприд, 120 г/л; спиротетрамат, 120 г/л), Восторг, КС (клотианидин, 140 г/л; лямбда-цигалотрин, 100 г/л), Волиам Флекси, СК (тиаметоксам, 200 г/л; лорантранилипрол, 100 г/л).

Площадь экспериментальных делянок – 26 м^2. Повторность в опыте – четырехкратная.

Влияние систем защиты арбуза на развитие фитопатогенов, в том числе в почвенном комплексе, а также на биометрические, биохимические показатели и урожайность изучали в период от высадки рассады (14.05.2020 г.; 16.05.2021 г.) до сбора урожая (09.08.2020 г.; 10.08.2021 г.). Обработку посадок проводили в вечернее или ночное время опрыскивателем штанговым ОП-3000. Уборку урожая осуществляли вручную.

Продолжительность вегетации растений арбуза составляла 87…88 дней. В течение вегетационных периодов 2020–2021 гг. проводили микологический анализ почвы, фитосанитарный мониторинг посадок растений арбуза, измерение биометрических параметров, урожайности, определение биохимических показателей плодов.

Анализ состава почвенной микобиоты и влияния систем защиты на нее до посадки и после уборки культуры осуществляли по методике С. В. Еремеевой (*Еремеева С. В. Плесневые грибы. Методы выделения, идентификации, хранения: Справочное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям экологического, биологического и биотехнологического профиля. Астрахань: АГТУ, 2009. 104 с.*). Идентификацию патогенов проводили по определителю (*Определитель болезней растений / М. К. Хохряков, Т. Л. Доброзракова, К. М. Степанов и др.; под. общ. ред. М. К. Хохрякова. 3. изд., испр. СПб.: Лань, 2003. 592 с.*). Учеты заболеваний выполняли в соответствии с действующими методическими рекомендациями (*Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. СПб: ВИЗР, 2009. 378 с.).*

Для характеристики интенсивности формирования вегетативной массы растений арбуза измеряли длину главной плети, длину и количество боковых плетей, площадь листовой поверхности (методом высечек), определяли массу растений и по отдельности листьев и стеблей путем взвешивания. Учет урожая проводили путем подсчета и взвешивания плодов (*Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 650 с.*).

Биохимические показатели плодов арбуза определяли согласно действующим нормативным документам: содержание сухих веществ и сахаров – по ГОСТ 29031-91, витамина С – по ГОСТ 24556-89, общее количество кислот – по ГОСТ 32771-2014. Концентрацию нитратного азота в плодах арбуза измеряли нитратометром SOEKS. Статистическую обработку данных выполняли на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica 10.0.

Результаты и обсуждение. Сообщество почвенных микроорганизмов играет важнейшую роль в поддержании «здоровья» почвы и подавлении болезней растений. Создавая необходимые условия для развития полезных

микроорганизмов – антагонистов почвенных патогенов, можно обеспечить биологический контроль многих болезней, передающихся через корневую систему растений. Доля патогенов, не превышающая 15 % от общего количества микромицетов, представляется оптимальной для эффективного подавления возбудителей болезней и повышения супрессивности почвы [8].

В нашем опыте в первый год исследований до проведения обработок доминирующую позицию в комплексе патогенных грибов занимали представители родов *Alternaria, Fusarium* и *Verticillium*, численность которых варьировала в пределах 0,70…2,05 тыс. колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г абсолютно сухой почвы с преобладанием *Alternaria* spp. Группу сапротрофных грибов составляли виды родов *Penicillium, Aspergillus* (0,25…0,35 тыс. КОЕ/г), общее количество которых уступало патогенной группе в 7 раз (рис. 1).

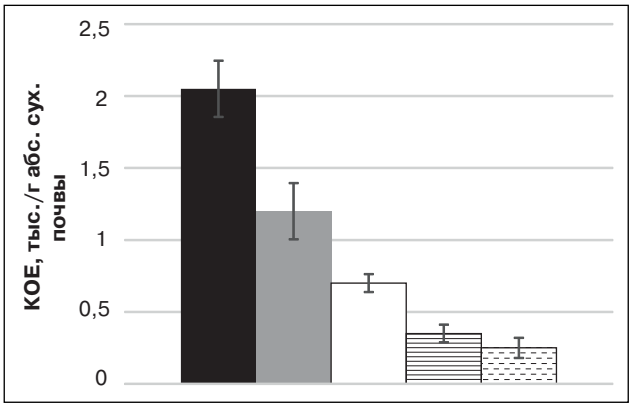


Рис. 1. Состав почвенных микомицетов до применения интегрированной и биологической систем защиты арбуза (2020 г.): ■ – *Alternaria* spp.; ▩ – *Fusarium* spp.; □ – *Verticillium* spp.; ▤ – *Penicillium* spp.; ▦ – *Aspergillus* spp.

Применение систем защиты арбуза, предусматривавших использование микробиологических препаратов и удобрений с фунгицидными свойствами, оказало существенное влияние на структуру почвенного микоценоза, по сравнению с контролем (без обработок). Анализ почвенных образцов контрольного варианта опыта показал, что за время вегетации растений арбуза количество грибов р. *Alternaria* увеличилось, по сравнению с исходным, в 2,5 раза, р. *Fusarium* – в 2,4 раза, р. *Verticillium* – в 1,3 раза (рис. 2). Также отмечено снижение численности *Penicillium* spp. на 20,0 % и увеличение *Aspergillus* spp. на 24,0 %.

В варианте с интегрированной системой защиты, принятой в хозяйстве, снизилось количество всех патогенных грибов, относительно контроля. Так, число КОЕ *Alternaria* spp. уменьшилось в 11,3 раза, *Fusarium* spp. – в 5,6 раза, *Verticillium* spp. – в 3 раза. В сапротрофной группе микроорганизмов снижение КОЕ *Penicillium* spp. и *Aspergillus* spp. составило 28,6…35,5 %. Внесение в почву препарата на основе гриба *Trichoderma asperellum* увеличивало его численность с 0 до 1,90 тыс./г.

Применение биологической системы защиты также способствовало снижению количества патогенных микроорганизмов: *Alternaria* spp. – в 17,1 раза, *Fusarium* spp. – в 4,5 раза, *Verticillium* spp. – в 8,2 раза, по сравнению с контролем. В этом варианте отмечена большая эффективность, по сравнению с эталоном, в отношении грибов р. *Alternaria* и *Verticillium*: их количество было ниже на 33,3 и 63,3 % соответственно. Эффективность относительно *Fusarium* spp. была ниже: количество колоний этих микроорганизмов было выше на 25,8 %. Количество грибов р. *Penicillium* и *Aspergillus*, в сравнении с контролем, снизилось на 28,6…41,9 %; разница с вариантом с применением интегрированной защиты была несущественной. В этом варианте опыта отмечено значительное увеличение *Trichoderma* spp. в связи с внесением в почву препаратов на его основе – с 0 до 3,70 тыс. КОЕ/г, что почти в 2 раза выше, чем в варианте с интегрированной системой защиты.

Результаты микологического анализа почвы, проведенного во второй год исследований до применения систем защиты, показали, что в контрольном варианте опыта сохранялся неблагоприятный инфекционный фон со значительным доминированием патогенной микобиоты. На фонах с использованием систем интегрированной и биологической защиты отмечено преобладание супрессивной микобиоты. Также, в связи с тем, что послеуборочные остатки растений арбуза измельчали и заделывали в почву, были созданы благоприятные условия для увеличения численности видов *Penicillium* spp. (до 0,63 тыс. КОЕ/г) и *Aspergillus* spp. (до 0,50 тыс. КОЕ/г), относящихся к сапротрофам и обладающих комплексом ферментов, разлагающих сложные органические вещества (рис. 3).

После применения средств защиты отмечена тенденция к уменьшению патогенной микобиоты при одновременном увеличении супрессивной (а именно грибов р. *Trichoderma*), выявленной в предыдущем году (рис. 4). Так, в варианте с интегрированной системой защиты количество КОЕ *Alternaria* spp. было уменьшено, по сравнению с контролем, в 20 раз, *Fusarium* spp. – в 35,5 раза, *Verticillium* spp. – в 10 раз. Количество грибов *Penicillium* и *Aspergillus* было снижено на 41,6…44,4 % при увеличении *Trichoderma* spp. до 2,06 тыс./г (на 8,4 % выше, чем в 2020 г.).

В варианте с применением биологической защиты количество КОЕ *Alternaria* spp. снизилось в 45 раз, относительно контроля, и в 2,3 раза, по сравнению с вариантом с применением интегрированной системы защиты. Количество *Fusarium* spp. уменьшилось в 12,9 раза, относительно контроля, и было выше в 2,75 раза, чем при интегрированной защите. *Verticillium* spp. не наблюдали,

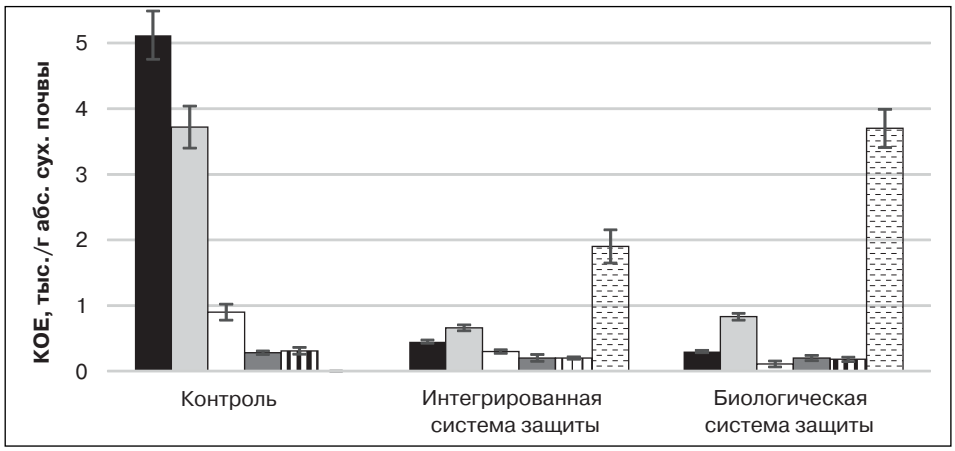


Рис. 2. Состав почвенных микомицетов после применения интегрированной и биологической систем защиты арбуза (2020 г.): ■ – *Alternaria* spp.; ▩ – *Fusarium* spp.; □ – *Verticillium* spp.; ▩ – *Penicillium* spp.; ▮ – *Aspergillus* spp.; ▦ – *Trichoderma* spp.

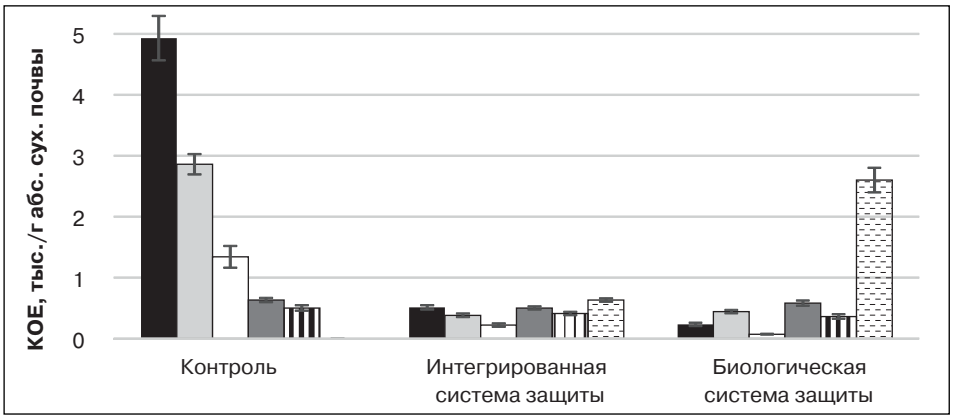


Рис. 3. Состав почвенных микомицетов до применения интегрированной и биологической систем защиты арбуза (2021 г.): ■ – *Alternaria* spp.; □ – *Fusarium* spp.; □ – *Verticillium* spp.; ■ – *Penicillium* spp.; ▮▮ – *Aspergillus* spp.; ▨ – *Trichoderma* spp.

эффективность против этого гриба составила 100 %. Количество грибов р. *Penicillium* и *Aspergillus* уменьшилось, относительно контроля, на 48,8…58,3 %, разница с вариантом с применением интегрированной системы защиты была несущественной. Количество КОЕ *Trichoderma* spp. составило 4,13 тыс./г, что в 2 раза больше, чем при использовании системы интегрированной защиты, и в 1,6 раза, в сравнении с предыдущим годом.

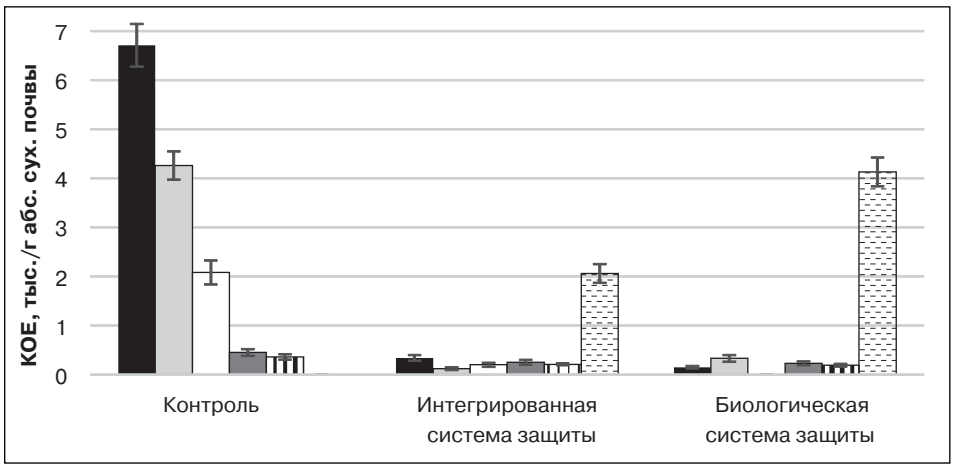


Рис. 4. Состав почвенных микомицетов после применения интегрированной и биологической систем защиты арбуза (2021 г.): ■ – *Alternaria* spp.; □ – *Fusarium* spp.; □ – *Verticillium* spp.; ■ – *Penicillium* spp.; ▮▮ – *Aspergillus* spp.; ▨ – *Trichoderma* spp.

Также при анализе структуры комплекса микомицетов отмечено, что в первый год проведения экспериментов до применения систем защиты арбуза доля патогенной микобиоты составляла 87,4 % (оптимальное значение – не более 15 %). После проведения в соответствующих вариантах защитных мероприятий в контроле отмечали повышение инфекционного фона до 94,3 %; в вариантах с интегрированной и биологической защитой – уменьшение до 38,0 и 23,3 % (рис. 5).

Во второй год проведения экспериментов установлено, что до обработок средствами интегрированной системы защиты доля патогенных микромицетов увеличилась до 41,9 %, относительно предшествующего года. Напротив, в варианте с биологической защитой отмечено снижение количества патогенов до 17,2 %. После использования средств защиты растений доли патогенов и супрессоров в варианте с биологической защитой достигли оптимальных уровней и составили 9,5 и 90,5 % соответственно. В варианте с интегрированной системой защиты, несмотря на сокращение количества патогенной микобиты на 21,2 %, относительно предыдущего анализа почвы (до обработок), оптимальные значения достигнуты не были (20,7 и 79,3 %).

В период вегетации на растениях арбуза в вариантах с применением средств защиты не зафиксировано распространения и развития фитопатогенных инфекций. В контроле отмечали признаки альтернариоза (*Alternaria* spp.), распространение и развитие которого достигало соответственно 25,0 и 18,6 %; фузариозного и вертициллезного увяданий (*Fusarium* spp., *Verticillium* spp.), с распространением и развитием 30,5 и 21,4 %; пероноспороза (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk & Curt) Rost.) – 18,2 и 10,4 %.

Наиболее интенсивное формирование вегетативной массы происходило в варианте опыта с применением биологической системы защиты. Так, длина главного стебля превышала значения контроля и варианта с интегрированной защитой на 43,2 и 9,8 %; количество боковых побегов – на 42,3 и 8,8 %, листьев – на 21,3 и 5,4 %; площадь листьев – на 34,1 и 3,8 %, а масса надземной вегетативной части (листьев и стеблей) – на 37,3 и 10,4 % (табл. 3).

Изучение реализации генеративной функции растений арбуза показало, что при усиленном нарастании вегетативной биомассы в варианте с применением системы биологической защиты количество плодов с

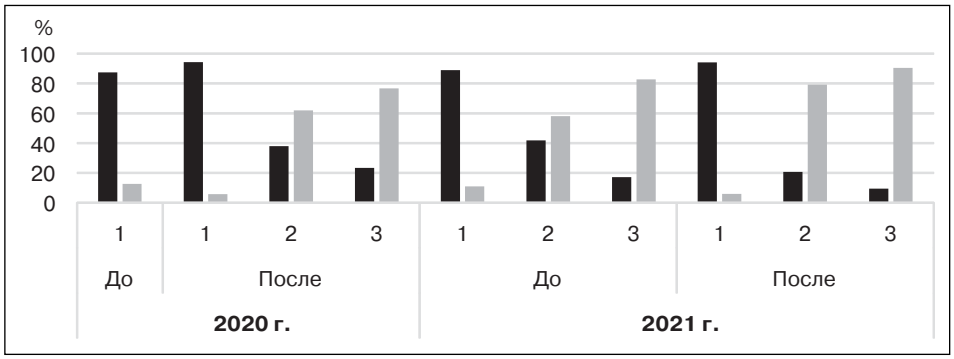


Рис. 5. Влияние систем защиты арбуза на формирование патогенной и супрессивной микобиоты в почвенном биоценозе до и после обработок: 1 – контроль; 2 – интегрированная система защиты; 3 – биологическая система защиты: ■ – патогенная; ■ – супрессивная.

Таблица 3. **Влияние интегрированной и биологической систем защиты на биометрические показатели растений арбуза (2020–2021 гг.)**

Вариант	Длина главного побега, см	Количество боковых побегов, шт.	Количество листьев, шт.	Площадь листьев, см²	Масса листьев, г	Масса стеблей, г	Масса вегетативной части, г
Контроль	198,7	2,6	141,6	6211,1	169,9	148,5	318,4
Интегрированная система защиты	259,1	3,4	163,0	8024,3	211,4	184,6	396,0
Биологическая система защиты	284,5	3,7	171,8	8331,6	236,7	200,4	437,1
$НСР_{05}$	14,7	0,2	5,2	94,5	13,2	16,3	17,1

одного растения характеризовалось меньшими величинами, по сравнению с вариантом с интегрированной защитой: разница составила 17,3 %. Однако средняя масса одного плода была выше на 2,4 % (табл. 4). Между вариантами опыта с применением интегрированной и биологической систем защиты и контролем отмечены следующие различия: по количеству плодов с одного растения – 30,9 и 8,3 %; по средней массе одного плода – 22,8 и 25,8 %.

Таблица 4. **Влияние интегрированной и биологической систем защиты на количество плодов с одного растения арбуза и массу 1 плода (2020–2021 гг.)**

Вариант	Количество плодов, шт. с 1 растения			Средняя масса 1 плода, кг		
	2020 г.	2021 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	среднее
Контроль	0,72	0,78	0,84	3,92	4,30	4,11
Биологическая система защиты	0,90	0,93	0,91	5,02	5,33	5,17
Интегрированная система защиты	1,08	1,12	1,1	4,86	5,24	5,05
$НСР_{05}$	0,10	0,12	0,11	0,15	0,13	0,10

Таблица 5. **Влияние интегрированной и биологической систем защиты на урожайность растений арбуза и товарность плодов (2020–2021 гг.)**

Вариант	Урожайность, т/га			Товарность, %		
	2020 г.	2021 г.	средняя	2020 г.	2021 г.	средняя
Контроль	45,1	37,9	41,5	39,3	42,8	41,0
Интегрированная система защиты	70,7	78,7	74,7	87,2	89,3	88,2
Биологическая система защиты	60,8	66,6	63,7	89,1	92,6	90,8
$НСР_{05}$	3,4	4,3	3,9	–	–	–

В целом наибольшая урожайность была отмечена при использовании интегрированной системы защиты, разница с контролем составляла 80,0 %, с вариантом опыта с применением биологической системы защиты – 17,3 % (табл. 5). Товарность плодов растений арбуза варьировала от 41,0 до 90,8 % и была наибольшей при биологической системе защиты, разница с вариантом с интегрированной защитой составила 2,6 %.

Анализ качества плодов растений арбуза показал, что в целом характеристики были удовлетворительными в обоих вариантах с использованием средств защиты растений, однако в варианте с биологической системой отмечено повышенное содержание некоторых ингредиентов, улучшающих вкус плодов (табл. 6). Так, содержание сухого вещества при ее использование было выше чем в варианте с интегрированной защитой и в контроле соответственно на 0,8 и 2,0 %; сумма сахаров – на 2,7 и 5,3 %; содержание витамина С – на 21,7 и 56,9 %. Кроме того, в этом варианте отмечена меньшая на 0,06 и 0,12 % кислотность плодов. Содержание нитратного азота во всех вариантах опыта изменялось в пределах допустимых значений (60 мг/кг). Наименьшим оно было в контроле, наибольшим – в варианте с интегрированной системой защиты (на 8,09 % выше, чем при использовании биологической системы защиты).

Таблица 6. **Влияние интегрированной и биологической систем защиты на качественные характеристики плодов растений арбуза (2020-2021 гг.)**

Вариант	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Содержание витамина С, мг/100 г сырого вещества	Общая кислотность, %	Нитратный азот, мг/кг
Контроль	8,10	7,50	4,90	0,31	24,0
Интегрированная система защиты	9,30	10,10	6,32	0,25	57,2
Биологическая система защиты	10,10	12,80	7,69	0,19	49,2
$НСР_{0,5}$	0,65	1,07	1,15	0,03	6,3

Выводы. Применение систем интегрированной и биологической защиты арбуза способствовало увеличению количества супрессивных микомицетов в почвенном биоценозе, а именно грибов р. *Trichoderma*, и эффективной защите растений арбуза от комплекса вредных организмов в течение вегетации. За два года исследований количество КОЕ *Trichoderma* spp. при интегрированной системе защиты увеличилось с 0 до 2,06 тыс./г, при биологической – с 0 до 4,13 тыс./г, что обеспечило значительное подавление патогенной микобиоты в обоих вариантах. Лучший результат отмечен при использовании биологической системы защиты, где доля патогенов от общего количества микомицетов составила 9,5 %, а супрессоров – 90,5 %, что соответствует оптимальным значениям для эффективного подавления инфекций в почве. В этом варианте происходило наиболее интенсивное формирование вегетативной биомассы растений арбуза, а также отмечена наибольшая масса одного плода арбуза при меньшем количестве плодов с растения, по сравнению с применением интегрированной защиты. Наибольшую в опыте урожайность обеспечило использование интегрированной системы защиты (на 80,0 и 17,3 % выше, чем в контроле и варианте с биологической защитой); наибольшую товарность (90,8 %) и лучшие качественные характеристики плодов – биологической защиты.

Литература.

1. Influence of moisture content, temperature and heating rate on germination rate of watermelon seeds / X. Guan, H. Ramaswamy, B. Zhang, et al. // Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 272. Article 109528. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423820303563 (дата обращения 19.01.2022). doi: 10.1016/j.scienta.2020.109528.

2. Deficit irrigation effects on watermelon (Citrullus vulgaris) in a sub humid environment / H. Kuscu, A. Turhan, N. Ozmen, et al. // JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences. 2015. Vol. 25. No. 6. P. 1652–1659.

3. Maoto M. M., Beswa D., Jideani A. I. Watermelon as a potential fruit snack // International Journal of food properties. 2019. Vol. 22. No. 1. P. 355–370. doi: 10.1080/10942912.2019.1584212.

4. Effect of cold stress on growth, physiological characteristics, and calvin-cycle-related gene expression of grafted watermelon seedlings of different gourd rootstocks / K. Lu, J. Sun, Q. Li, et al. // Horticulturae. 2021. Vol. 7. No. 10. Article 391. URL: https://www.mdpi.com/2311-7524/7/10/391/htm (дата обращения 19.01.2022). doi: 10.3390/horticulturae7100391.

5. Бахчевые культуры (арбузы и дыни): площади и сборы в России в 2001–2020 гг. // Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». 2021. URL: https://ab-centre.ru/news/bahchevye-kultury-arbuzy-i-dyni-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2020-gg (дата обращения 19.01.2022).

6. Watermelon planting is capable to restructure the soil microbiome that regulated by reductive soil disinfestation / L. Liu, S. Chen, J. Zhao, et al. // Applied Soil Ecology. 2018. Vol. 129. P. 52–60. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.05.004.

7. Ojo J. A., Olowoake A. A., Obembe A. Efficacy of organomineral fertilizer and un-amended compost on the growth and yield of watermelon (Citrullus lanatus Thumb) in Ilorin Southern Guinea Savanna zone of Nigeria // International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2014. Vol. 3. No. 4. P. 121–125. doi: 10.1007/s40093-014-0073-z.

8. Шуляковская Л. Н., Сасова Н. А. Путь к повышению плодородия почв // Защита и карантин растений. 2012. № 8. С. 14–15.

9. Biological control of Fusarium wilt on watermelon by fluorescent pseudomonads / G. K. H. Hua, L. Wang, J. Chen, et al. // Biocontrol Science and Technology. 2020. Vol. 30. No. 3. P. 212–227. doi: 10.1080/09583157.2019.1700908.

10. Fumigation coupled with bio-organic fertilizer for the suppression of watermelon Fusarium wilt disease re-shapes the soil microbiome / C. Xue, Z. Shen, Y. Hao, et al. // Applied Soil Ecology. 2019. Vol. 140. P. 49–56. doi: 10.1016/j.apsoil.2019.04.007.

11. Application of bio-organic fertilizer can control Fusarium wilt of cucumber plants by regulating microbial community of rhizosphere soil / M. Qiu, R. Zhang, C. Xue, et al. // Biology and Fertility of Soils. 2012. Vol. 48. No. 7. P. 807–816. doi: 10.1007/s00374-012-0675-4.

12. Watermelon planting is capable to restructure the soil microbiome that regulated by reductive soil disinfestation / L. Liu, S. Chen, J. Zhao, et al. // Applied Soil Ecology. 2018. Vol. 129. P. 52–60. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.05.004.

13. Нековаль С. Н. Биопрепаратами защищать картофель эффективнее // Аграрная наука. 2020. № 7–8. С. 115–117.

14. Ali A. F., Salim H. A., Alsaady M. H. M. Response of two wheat cultivars to inoculation of Bacillus subtilis and phosphorus fertilizer // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1294. No. 9. Article 092036. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1294/9/092036/pdf (дата обращения: 15.01.2022). doi:10.1088/1742-6596/1294/9/092036.

15. Mena H. G., Portugal V. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Bacillus subtilis BEB-13bs // Scientia Horticulture. 2007. Vol. 113. P. 103–106. doi: 10.1016/j.scienta.2007.01.031.

References

1. Guan X, Ramaswamy H, Zhang B, et al. Influence of moisture content, temperature and heating rate on germination rate of watermelon seeds. Scientia Horticulturae [Internet]. 2020 [cited 2022 Jan 19];272: Article 109528. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423820303563. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109528.

2. Kuscu H, Turhan A, Ozmen N, et al. Deficit irrigation effects on watermelon (Citrullus vulgaris) in a sub humid environment. JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences. 2015;25(6):1652-9.

3. Maoto MM, Beswa D, Jideani AI. Watermelon as a potential fruit snack. International Journal of food properties. 2019;22(1):355-70. doi: 10.1080/10942912.2019.1584212.

4. Lu K, Sun J, Li Q, et al. Effect of cold stress on growth, physiological characteristics, and calvin-cycle-related gene expression of grafted watermelon seedlings of different gourd rootstocks. Horticulturae [Internet]. 2021 [cited 2022 Jan 19];7(10): Article 391. Available from: https://www.mdpi.com/2311-7524/7/10/391/htm. doi: 10.3390/horticulturae7100391.

5. AB-Centre [Internet]. Majkop (Russia): AB-Centre; 2013-2022. Bakhchevye kul'tury (arbuzy i dyni): ploshchadi i sbory v Rossii v 2001–2020 gg. [Gourds (watermelons and melons): Areas and collections in Russia in 2001–2020]; 2021 May 19 [cited 2022 Jan 19]; [about 6 screens]. Available from: https://ab-centre.ru/news/bahchevye-kultury-arbuzy-i-dyni-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2020-gg. Russian.

6. Liu L, Chen S, Zhao J, et al. Watermelon planting is capable to restructure the soil microbiome that regulated by reductive soil disinfestation. Applied Soil Ecology. 2018;129:52-60. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.05.004.

7. Ojo JA, Olowoake AA, Obembe A. Efficacy of organomineral fertilizer and un-amended compost on the growth and yield of watermelon (Citrullus lanatus Thumb) in Ilorin Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2014;3(4):121-5. doi: 10.1007/s40093-014-0073-z.

8. Shulyakovskaya LN, Sasova NA. Put' k povysheniyu plodorodiya pochv [The way to improve soil fertility]. Zashchita i karantin rastenij. 2012;(8):14-5. Russian.

9. Hua GKH, Wang L, Chen J, et al. Biological control of Fusarium wilt on watermelon by fluorescent pseudomonads. Biocontrol Science and Technology. 2020;30(3):212-27. doi: 10.1080/09583157.2019.1700908.

10. Xue C, Shen Z, Hao Y, et al. Fumigation coupled with bio-organic fertilizer for the suppression of watermelon Fusarium wilt disease re-shapes the soil microbiome. Applied Soil Ecology. 2019;140:49-56. doi: 10.1016/j.apsoil.2019.04.007.

11. Qiu M, Zhang R, Xue C, et al. Application of bio-organic fertilizer can control Fusarium wilt of cucumber plants by regulating microbial community of rhizosphere soil. Biology and Fertility of Soils. 2012;48(7):807-16. doi: 10.1007/s00374-012-0675-4.

12. Liu L, Chen S, Zhao J, et al. Watermelon planting is capable to restructure the soil microbiome that regulated by reductive soil disinfestation. Applied Soil Ecology. 2018;129:52-60. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.05.004.

13. Nekoval' SN. Biopreparatami zashchishchat' kartofel' effektivnee [Biopreparations protect potatoes more effectively]. Agrarnaya nauka. 2020;(7-8):115-7. Russian.

14. Ali AF. Salim HA, Alsaady MHM. Response of two wheat cultivars to inoculation of Bacillus subtilis and phosphorus fertilizer. Journal of Physics: Conference Series [Internet]. 2019 [cited 2022 Jan 19];1294(9): Article 092036. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1294/9/092036/pdf. doi:10.1088/1742-6596/1294/9/092036.

15. Mena HG, Portugal V. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Bacillus subtilis BEB-13bs. Scientia Horticulture. 2007;113:103-6. doi: 10.1016/j.scienta.2007.01.031.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_33
УДК 57.084.2, 632.7.08

Мониторинг экономически значимых фитофагов сельскохозяйственных культур с использованием различных устройств*

А. А. ПАЧКИН, О. Ю. КРЕМНЕВА, М. В. ИВАНИСОВА, А. В. ПОНОМАРЕВ, Р. Ю. ДАНИЛОВ
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью оценки эффективности световых ловушек конструкции Федерального научного центра биологической защиты растений, привлекающих виды насекомых, обладающих положительным фототаксисом, для мониторинга и массового отлова экономически значимых фитофагов сельскохозяйственных культур. Работу выполняли в Калининском, Брюховецком, Темрюкском, Усть-Лабинском районах Краснодарского края и в г. Краснодар в 2019–2021 гг. на томате, подсолнечнике и сое. Световые и феромонные ловушки устанавливали на производственных посевах сельскохозяйственных культур в 50 м от края поля и на 100 м одна от другой в трехкратной повторности. В 2019 г. на подсолнечнике пики лета хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1805) отмечены в конце июня–начале июля, второй генерации – первой–второй декадах августа, в 2020 г. на томате – во второй декаде июня и третьей декаде июля, в 2021 г. на подсолнечнике – во второй декаде июля и третьей декаде августа. Светоловушки на плантациях томата привлекали до 76 экз. хлопковой совки в неделю, на посевах подсолнечника – до 1700 экз., на сое – до 170 экз. хлопковой совки и до 248 экз. лугового мотылька. Феромонные ловушки на тех же культурах отлавливали не более 44 экз. фитофага в неделю. Феромонные ловушки эффективны как средство мониторинга и отлова хлопковой совки при лёте до 7…36 экз. в сутки. При более высоких величинах их использование не позволяет объективно оценивать динамику лета этого и других соразмерных с ним экономически значимых фитофагов при проведении недельных учетов. С использованием светоловушек можно осуществлять мониторинг таких экономически значимых видов, как хлопковая и другие виды совок, а также луговой мотылек.
Ключевые слова: насекомые-фитофаги, мониторинг, контроль численности вредителей, феромонные ловушки, световые ловушки, хлопковая совка (*Helicoverpa armigera* H).
Сведения об авторах: А. А. Пачкин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: capricorn-53@yandex.ru); О. Ю. Кремнева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; М. В. Иванисова, младший научный сотрудник; А. В. Пономарев, кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Р. Ю. Данилов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.
Для цитирования: Мониторинг экономически значимых фитофагов сельскохозяйственных культур с помощью различных устройств / А. А. Пачкин, О. Ю. Кремнева, М. В. Иванисова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 33–38. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_33.

**исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0001*

Monitoring of economically valuable phytophages of crops using various devices

A. A. Pachkin, O. Yu. Kremneva, M. V. Ivanisova, A. V. Ponomarev, R. Yu. Danilov
Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The study aimed to evaluate the effectiveness of light traps designed by the Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection, which attract insect species with positive phototaxis, to monitor and mass capture economically valuable phytophages of crops. The work was carried out in the Kalininsky, Bryukhovetsky, Temryuksky, Ust-Labinsky districts of the Krasnodar Territory and in the city of Krasnodar in 2019–2021 on tomato, sunflower and soybean. Light and pheromone traps were installed on industrial crops 50 m from the edge of the field and 100 m from one another in three times replication. In 2019, on sunflower, the flight peaks of the cotton budworm (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1805) were observed in late June – early July, the second generation – in the first-second decades of August, in 2020 on tomato – in the second decade of June and the third decade of July, in 2021 on sunflower – in the second decade of July and the third decade of August. Light traps on tomato plantations attracted up to 76 cotton bollworms per week, on sunflower crops – up to 1700 cotton bollworms, on soybeans – up to 170 cotton bollworms and up to 248 meadow moths. Pheromone traps on the same cultures caught no more than 44 individuals of phytophages per week. They are effective as a means of monitoring and capturing the cotton budworm in flight up to 7–36 specimens per day. At higher values, their use does not allow one to objectively assess the flight dynamics of this and other economically valuable phytophages during weekly counts. Light traps can be used to monitor economically important species such as the cotton budworm and other bollworms, as well as the meadow moth.
Keywords: phytophagous insects; monitoring; pest control; pheromone traps; light traps; cotton budworm (*Helicoverpa armigera H*).
Author Details: A. A. Pachkin, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: capricorn-53@yandex.ru); O. Yu. Kremneva, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; M. V. Ivanisova, junior research fellow; A. V. Ponomarev, Cand. Sc. (Techn.), senior research fellow; R. Yu. Danilov, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.
For citation: Pachkin AA, Kremneva OYu, Ivanisova MV, et al. [Monitoring of economically valuable phytophages of crops using various devices]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):33-8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_33.

Краснодарский край – крупнейший аграрный регион России. Благодаря преобладанию различных типов черноземов с мощным гумусовым слоем в крае возделывают более 100 сельскохозяйственных культур [1, 2]. Наличие активно используемых пахотных угодий подразумевает распространение патогенов и вредителей способных повреждать до 80 % выращиваемой продукции. Основа любой системы защитных мероприятий против экономически значимых насекомых – фитосанитарный мониторинг. Оценку состояния популяции вредителей проводят как визуально, так и с применением различных устройств и методов [3, 4].

С этой целью активно используют половые феромоны насекомых. На сегодня они синтезированы для основных известных фитофагов, однако под влиянием ряда биотических, абиотических и антропогенных факторов появляются новые вредители, не характерные ранее для тех или иных ценозов. Своевременный мониторинг видов членистоногих, меняющих географию обитания, открывает возможности для предотвращения некоторых ситуаций и минимизации возможных негативных последствий. В частности, для решения таких задач могут быть эффективны световые ловушки, способные привлекать самых разнообразных насекомых. Их уже давно используют для мониторинга и борьбы с сельскохозяйственными

вредителями. В последние годы ловушки, оснащенные светодиодами, благодаря низкому энергопотреблению и высокой эффективности улавливания получили широкое распространение и все чаще используются для мониторинга и контроля широкого круга экономически важных насекомых [5, 6, 7]. Для повышения уровня аттрактивности световых ловушек проводили исследования по определению длин волн в соответствии со спектральной чувствительностью фоторецепторов вредителей [8]. Манипулирование спектрами может снизить вероятность отлова полезных и нейтральных насекомых [9]. Кроме того, на их фототаксическое поведение могут влиять различные факторы окружающей среды [10] и конструктивные особенности самих светоловушек, например, оснащение всасывающими элементами, сепарации и др. [11, 12]. В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) разработаны устройства для привлечения насекомых, которые можно использовать для проведения фаунистических обследований и мониторинга.

Цель исследований – оценка эффективности применения световых ловушек конструкции ФГБНУ ФНЦБЗР, привлекающих все виды насекомых, обладающих положительным фототаксисом, для мониторинга экономически значимых фитофагов сельскохозяйственных культур.

Условия, материалы и методы. Работу проводили в 2019–2021 гг. в центральной зоне Краснодарского края. В ходе исследований испытывали световые и феромонные ловушки. Основным объектом учета была хлопковая совка, поскольку этот вид относят к полифагам. Исследования проводили на различных сельскохозяйственных культурах (подсолнечники, томате открытого грунта, сое). В 2019 г. сравнивали результаты синхронного мониторинга динамики лета вредителей, полученных с использованием двух световых ловушек (конической и аспирационной), в 2020–2021 гг. – феромонной и конической световой ловушек.

В 2019 г. работу выполняли в Калининском районе на посевах подсолнечника КФХ ИП «Ильченко» в окрестностях ст. Калининской, в 2020 г. – на томате и подсолнечнике в Павловском районе в окрестностях хутора Упорный ЗАО «Юбилейное» и опытных полях ФГБНУ ФНЦБЗР г. Краснодар, в 2021 г. испытания проводили на подсолнечнике, томатах и сое на территории ФГБНУ ФНЦБЗР, г. Краснодар, полях ФГБУ «Россельхозцентр» ст. Брюховецкая Брюховецкого района; окрестностях пос. Стрелка Темрюкского района на производственных участках ИП «Ерохин» и ИП «Тыртычный», на производственных полях ОАО «Рассвет» Усть-Лабинского района.

В исследованиях использовали два типа световых ловушек конструкции ФГБНУ ФНЦБЗР [5, 9]. Это автономные, мобильные средства мониторинга и массового отлова членистоногих, обладающих положительным фототаксисом. Устройства имеют идентичные электронные блоки управления, аккумуляторные батареи, солнечные панели. Различия заключаются в конструкциях корпусов устройств, способах перемещения привлеченных насекомых к полости насекомоприемника, типе, количестве и длине волн светодиодов.

Особенность световой ловушки конической конструкции – диапазон привлечения насекомых – 360° (рис. 1). Устройство начинает работу в сумерках. Поток света в ночное время привлекает насекомых к светоизлучателю. Они сталкиваются с прозрачными пластинами, временно обездвиживаются, под действием силы тяжести попадают на внутреннюю поверхность конуса и ссыпаются в полость насекомоприемника. Утром при повышении освещенности электронный блок управления выключает работу светодиодов. При этом солнечная панель начинает заряжать аккумуляторную батарею. С наступлением сумерек цикл работы устройства повторяется.

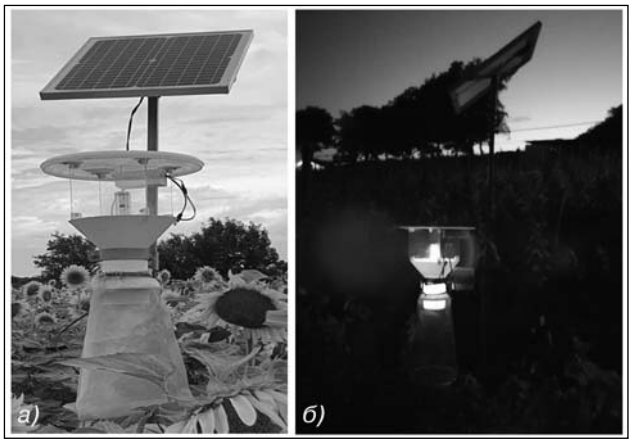


Рис. 1. Световая ловушка конической конструкции с «закрытым» (А) и сепарирующим (Б) насекомоприемником (ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодар, 2021).

Рис. 2. Аспирационная конструкция световой ловушки с сепарирующим насекомоприемником (ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодар, 2021).

Радиус привлечения насекомых аспирационной световой ловушки составляет 170° (рис. 2). Ее устанавливают по направлению к целевому объекту. Солнечную панель направляют на солнечный зенит и устойчиво фиксируют с помощью поворотного механизма. При наступлении сумерек электронный блок управления включает светодиоды и осевой вентилятор. Под воздействием воздушных потоков, создаваемых вентилятором, насекомые, привлеченные светом излучателя к входному отверстию корпуса, засасываются в ловушку и перемещаются к центру. Затем они сталкиваются с наклоненным в сторону входа сетчатым отбойником и под действием инерционной силы, действующей вдоль плоскости отбойника, происходит выделение насекомых из потока воздуха и их перемещение под действием гравитации в воронку и далее в насекомосборник, закрепленный на держателе. Столкновение с отбойником не вызывает существенных повреждений насекомых. Воронка служит не

только для формирования их устойчивого вертикального перемещения, но и уменьшения их потерь при отключении электропитания ловушки. Утром, при повышении освещенности электронный блок управления выключает осевой вентилятор и светодиоды. При этом солнечная панель начинает заряжать аккумуляторную батарею до наступления сумерек. Затем цикл работы устройства повторяется.

Для мониторинга динамики численности и в качестве стандартного средства мониторинга самцов использовали феромонные ловушки типа «Атракон-АА».

ника наименьшее количество хлопковой совки отмечали в 1…2 декадах июня и второй декаде июля – от 3 до 21 экз. в неделю (табл. 1). Самое большое количество привлеченных особей хлопковой совки зафиксировано во 2… 3 декадах июня, 1 декаде июля (до 96 экз.) и 1…2 декадах августа (до 870 экз.), что может соответствовать динамике лета первой и второй генерации хлопковой совки. Так же отмечены снижение численности и пики лета вьюнковой совки (*Acontia trabealis* (Scopoli, 1763)) (до 77 экз.) и единичные отловы лугового мотылька (*Loxostege sticticalis* (Linnaeus, 1761)) (до 3 экз.).

Таблица 1. **Привлечение экономически значимых фитофагов подсолнечника светоловушками различных конструкций (ст. Калининская Краснодарского края КФХ ИП «Ильченко», 2019 г.)**

Дата учета	Количество насекомых, экз.					
	Helicoverpa armigera		Acontia trabealis		Loxostege sticticalis	
	аспирационная ловушка	коническая ловушка	аспирационная ловушка	коническая ловушка	аспирационная ловушка	коническая ловушка
18.06.2019	3	21	7	5	0	0
30.06.2019	96	28	77	70	0	0
06.08.2019	85	84	0	23	0	3
$t_{факт}$	0,48		0,15		1,00	
$t_{крит.}$			2,44			

В качестве испарителя полового феромона применяли резиновые диспенсеры диаметром 0,5 см, длиной 1 см. Для фиксации привлеченных насекомых в феромонных ловушках использовали стандартные вкладыши с энтомологическим клеем «Пестификс» и «Лепификс». На каждом участке ловушки размещали в трехкратной повторности.

В 2019–2020 гг. учеты по световым и феромонным ловушкам проводили еженедельно. В 2021 г., в связи с необходимостью определения и учета всех привлеченных световыми ловушками видов насекомых, Учитывали суточные отловы, так как при наполнении насекомоприемника при проведении недельных учётов наблюдали повреждение идентификационных признаков большого количества привлеченных насекомых. При суточных учетах отловленные насекомые повреждались незначительно, что не мешало осуществлять определение. Учеты выполняли в период вегетации растений-хозяев синхронно в световых и феромонных ловушках, которые устанавливали в 50 м от края поля и в 100 м одна от другой в трехкратной повторности. Между ловушками различных типов (феромонные, световые ловушки) так же выдерживали расстояние не менее 100 м.

Закладку опытов и анализ результатов проводили в соответствии с общепринятыми методиками (*Доспехов Д. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Изд. 4-е, перераб. и дополн. М.: Колос, 1979. С. 314–336*). Полученный энтомологический материал определяли как самостоятельно с использованием определителей (*Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. III. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 1. под общ. ред. П.А. Лера. Л.: Наука, 1989. С. 451–452*), так и с участием специалистов других организаций (КубГАУ, Краснодар; ЗИН, Санкт-Петербург).

Математическую обработку данных выполняли в соответствии с методиками расчёта доверительных интервалов для среднего значения и оценки существенности разности выборочных средних по t критерию Стьюдента в программе MS Excel.

Результаты и обсуждение. В окрестностях ст. Калининской Краснодарского края при изучении в 2019 г. эффективности привлечения ловушками различных конструкций экономически значимых фитофагов подсолнеч-

Между эффективностью привлечения членистоногих конической и аспирационной конструкциями светоловушек по данным опытов 2019 г. (см. табл. 1) не выявлено математически достоверных различий с вероятностью 95 %. Поэтому дальнейшие опыты проводили с использованием светоловушек конической конструкции в связи с проблемами приобретения комплектующих для аспирационной светоловушки.

Динамика лёта хлопковой совки на феромонные и световые ловушки в 2020 г. также была одинаковой. Однако ее привлечение световыми ловушками было более эффективным с вероятностью 95 %, особенно в период с 9 по 28 июля. Так, в учетах 28 июля количество насекомых, в световых ловушка, было в 5 раз больше, чем в феромонных (табл. 2).

Таблица 2. **Учеты хлопковой совки на томате (ЗАО «Юбилейное» Павловский район хутор Упорный, 2020 г.)**

Дата учета	Количество особей хлопковой совки, привлеченное в ловушку, экз.	
	феромонная	световая
10.06.20	1,7±1,1	2,0±1,8
18.06.20	3,3±2,8	3,0±3,7
26.06.20	2,3±2,8	3,3±1,1
02.07.20	0,3±1,1	0,3±1,1
09.07.20	1,3±1,1	8,0±3,2
15.07.20	4,0±5,5	6,0±3,7
23.07.20	5,0±3,2	17,0±10,2
28.07.20	6,7±5,9	30,0±35,8
06.08.20	4,6±2,1	5,0±4,9
$t_{факт.}$=2,7; $t_{крит.}$=2,1 при P≥0,95		

Кроме того, в 2020 г. на томате с использованием световых ловушек была определена динамика лета представителей семейства Noctuidae – *Acontia trabealis* (Scopoli, 1763). Пик лета вьюнковой совки отмечен в первой декаде июля (32 экз. в неделю). В остальной период наблюдений численность этого фитофага не превышала 5 экз. на ловушку в неделю (рис. 3).

В 2021 г. в ст. Брюховецкой на территории опытного хозяйства ФГБУ «Россельхозцентр» на подсолнечнике максимальные отловы хлопковой совки с использованием феромонных ловушек отмечены в третьей декаде августа – в среднем 34,3 экземпляра на ловушку. Свето-

Рис. 3. Динамика лета вьюнковой совки на томате (ЗАО «Юбилейное» Павловский район х. Упорный, 2020 г.).

вые ловушки в аналогичный период привлекали до 718 экземпляров. При этом независимо от типа ловушки динамика лета вредителя была схожей с пиками лета в третьей декаде июля и первой декаде августа, а также с конца второй декады августа до первой декады сентября (рис. 4, табл. 3).

эффективность массового отлова самцов. В связи с изложенным объективная оценка численности хлопковой совки при проведении недельных учетов с использованием феромонных ловушек возможна при лете вредителя не более 7 экземпляров в сутки. При их числе более 30 экземпляров в сутки необходима ежедневная замена клеевых вкладышей или поиск других средств мониторинга численности вредителя для сбора объективной информации о его численности.

Результаты учетов световыми ловушками свидетельствуют о лете хлопковой совки в Усть-Лабинском районе до 272 экземпляров в сутки (24…25 августа) и более 1700 экз. в неделю (4…10 августа). Такая эффективность привлечения вредителя позволяет рассматривать светоловушки конструкции ФНЦБЗР как средство массового отлова хлопковой совки. На сегодняшний день ведут исследования в этом направлении.

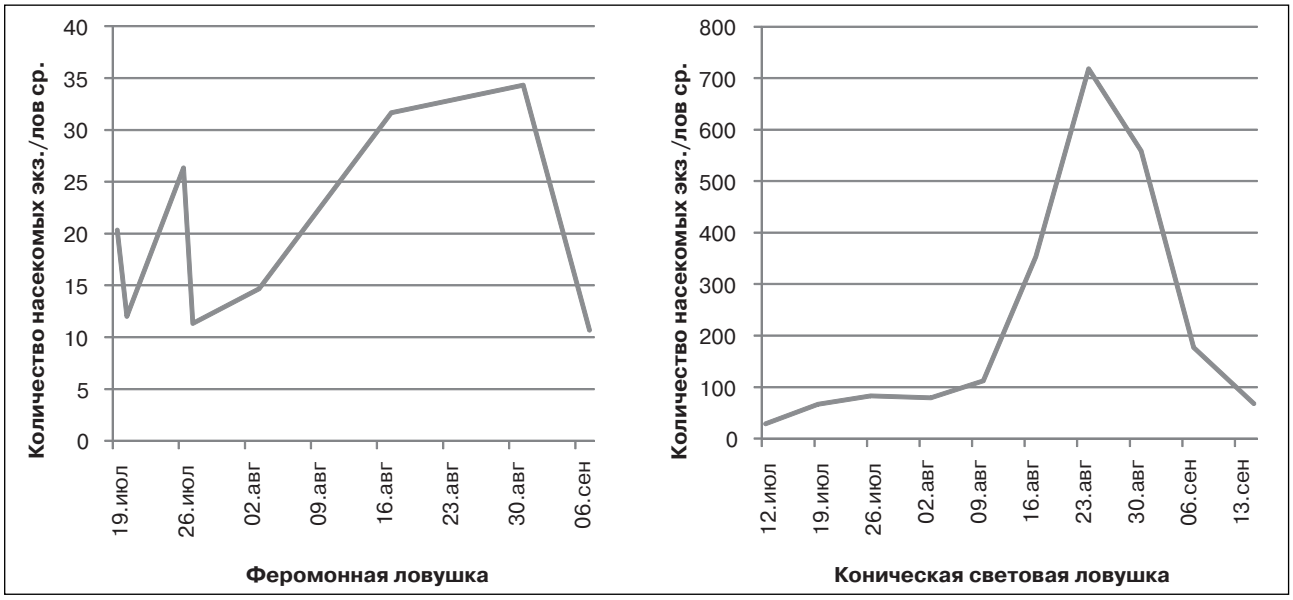


Рис. 4. Динамика лета хлопковой совки на подсолнечнике (опытное хозяйство ФГБУ «Россельхозцентр» ст. Брюховецкая, Брюховецкий район Краснодарского края, 2021 г.).

По результатам исследований 2021 г. можно отметить необъективную оценку численности хлопковой совки с использованием феромонных ловушек при высокой численности вредителя. В пики его лета при проведении суточных учетов отмечали во вкладыше феромонной ловушки до 36 экземпляров самцов хлопковой совки в период с 17.00 до 08.00 следующего дня. При этом недельные учеты (суммарный отлов за 7 дней) не превышали 44 экз. на феромонную ловушку. В светоловушках в аналогичный период исследований отмечали до 718 экз. в неделю (в среднем 100 экз. в сутки). Связано это с тем, что в феромонных ловушках происходило заполнение основной площади вкладыша самцами, чешуйками и фрагментами насекомых менее чем за сутки (рис. 5), что препятствует дальнейшей фиксации насекомых на клеевой поверхности вкладыша и получению объективных данных о численности вредителя. Кроме того, при высокой численности хлопковой совки и несвоевременной замене клеевых вкладышей снижается

Результаты испытаний световых ловушек на томате в Темрюкском районе Краснодарского края на территории фермерских хозяйств «ИП Ерохин» (открытый грунт) и «ИП Тыртычный» (защищенный грунт) в 2021 г. продемонстрировали сходные динамики лета основного фитофага в исследуемых хозяйствах, что свидетельствует о неслучайном привлечении насекомых в ловушки и о способности изучаемых устройств отражать характер лета вредителей. Выявлено два пика лета фитофага с максимальным количеством 10 и 20 особей на ловушку в хозяйстве «ИП Ерохин», 20 и 40 особей на ловушку в хозяйстве «ИП Тыртычный» (рис. 6).

Всего за период исследований в условиях открытого грунта в конические светоловушки попадали 9 видов (182 экз.) вредных чешуекрылых из семейства Noctuidae, а именно: *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805), *Anarta trifolii* (Hufnagel, 1766), *Lacanobia oleracea* (Linnaeus, 1758), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Agrotis segetum* (Denis

Рис. 5. Суточный отлов хлопковой совки феромонной ловушкой (опытное хозяйство ФГБУ «Россельхозцентр» ст. Брюховецкая, Брюховецкий район Краснодарского края, 2021 г.).

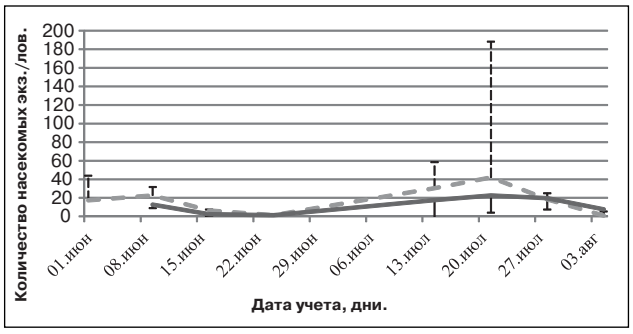


Рис. 6. Динамика лета хлопковой совки на томате (крестьянско-фермерские хозяйства п. Стрелка Темрюкского района Краснодарского края, 2021 г.): – – – ИП Ерохин; ——— ИП Тыртычный.

& Schiffermuller, 1775), *Agrotis exclamationis* (Linnaeus, 1758), *Autographa gamma* (Linnaeus, 1758), *Noctua pronuba* (Linnaeus, 1758), *Xestia c-nigrum* (Linnaeus, 1758).

Таблица 3. **Суточные и недельные учеты хлопковой совки с помощью конической световой ловушки конструкции ФГБНУ ФНЦБЗР (ОАО «Рассвет», Усть-Лабинский район, Краснодарский край, 2021 г.), экз.**

Дата	*г. Краснодар*	*Дата*	*г. Усть-Лабинск*	*Дата*	*ст. Брюховецкая*
06.07.21	156(н)*	30.06.21	0(н)	30.06.21	–***
13.07.21	475(н)	02.06.21	0(н)	02.07.21	–
21.07.21	21(н)	08.07.21	6(н)	12.07.21	29(н)
26.07.21	9(н)	14.07.21	690(н)	19.07.21	67(н)
27.07.21	41(н)	20.07.21	76 (с)	20.07.21	39 (с)
27.07.21	26 (с)**	26.07.21	151 (н)	26.07.21	44 (н)
02.08.21	3 (н)	27.07.21	103 (с)	27.07.21	35 (с)
03.08.21	4 (с)	03.08.21	110 (н)	03.08.21	44 (н)
09.08.21	9 (н)	04.08.21	22 (с)	04.08.21	62 (с)
10.08.21	68 (с)	10.08.21	1742 (н)	10.08.21	50 (н)
16.08.21	98 (н)	17.08.21	1169 (н)	17.08.21	353 (н)
17.08.21	18 (с)	18.08.21	116 (с)	18.08.21	120 (с)
25.08.21	4 (с)	24.08.21	254 (н)	24.08.21	596 (н)
31.08.21	167 (н)	25.08.21	272(с)	25.08.21	158 (с)
07.09.21	52 (н)	30.08.21	221 (н)	31.08.21	401 (н)

(н) – недельный учет; **(с) – суточный учет; *- – учет не проводили.*

Эти же виды, за исключением *Noctua pronuba* (Linnaeus, 1758), отмечали в защищенном грунте (144 экз.). В сборах на открытом грунте доминировали следующие таксоны (табл. 4): *Helicoverpa armigera* – 139 экз. (76,3 %), *Lacanobia oleracea* – 23 экз. (12,6 %), *Anarta trifolii* – 10 экз. (5,4 %); в защищенном – *Agrotis exclamationis* – 72 экз. (50 %), *Helicoverpa armigera* – 42 экз. (29,2 %).

В результате исследований, проведенных в 2021 г. на сое, пики численности хлопковой совки отмечали во второй декаде июля и третьей декаде августа, клеверной совки (*Anarta trifolii* H.) – во второй-третьей декаде июня и незначительный пик в третьей декаде июля. Отмечено эффективное привлечение коническими светоловушками комплекса видов семейства Noctuidae. Такие виды, как совка ленточная большая (*Noctua pronuba* L.), совка гамма (*Autographa gamma* L.), совка ипсилон (*Agrotis ipsilon* H.) отмечали в отдельные периоды исследований. Это важно для оценки вредоносности комплекса подгрызающих совок в периоды низкой численности основного вредителя семейства Noctuidae – хлопковой совки. Кроме того, необходимо отметить отлов ловушками такого экономически значимого полифага, как луговой мотылек (*Loxostege sticticalis* L.). Регулярное попадание в ловушки комплекса перечисленных видов свидетельствует о неслучайном характере их привлечения, что аналогично результатам 2020 г. может указывать на широкие перспективы светоловушек конструкции ФНЦБЗР как универсального средства мониторинга, массового отлова широкого спектра фитофагов и проведения фаунистических ис-

Таблица 4. **Эффективность привлечения фитофагов сои световыми ловушками конической конструкции (ОАО «Рассвет», Усть-Лабинский район, Краснодарский край, 2021 г.)**

Вид	*Количество особей на ловушку, экз.*						
	14.06.21	*22.06.21*	*30.06.21*	*08.07.21*	*14.07.21*	*27.07.21*	*25.08.21*
Helicoverpa armigera H.	1,3±2,1	3,0±3,2	3,0±3,2	21,7±15,4	72,0±27,7	39,7±20,2	468,7±43,4
Noctua pronuba L.	3,0±3,7	2,0±1,8	2,0±1,8	3,3±4,6	0	0	0
Autographa gamma L.	3,7±2,8	23,3±9,1	23,7±8,5	0	0	0	0
Ostrinia nubialis H.	17,3±9,1	4,3±10,6	4,3±10,6	0	0	0	0
Anarta trifolii H.	0	82,0±37,5	81,7±36,5	11,5±6,5	4,7±6,9	18,0±16,3	0
Agrotis ipsilon H.	0	0,3±1,1	0,3±1,1	0	36,0±12,3	2,0±1,2	0
Mamestra brassicae L.	0	0	0	0	4,0±2,6	3,3±2,8	0
Loxostege sticticalis L.	0	0	0	0	261,7±78,4	20,0±10,3	0
Xestia s nigrum L.	0	0	0	0	1,0±1,8	8,0±12,9	0

следований, наряду с другими известными устройствами и методами.

Выводы. Изучение эффективности применения световых ловушек конструкции ФГБНУ ФНЦБЗР, в сравнении с феромонными, при мониторинге экономически значимых насекомых сельскохозяйственных культур свидетельствуют о высокоэффективном привлечении ряда фитофагов.

Феромонные ловушки эффективны как средство мониторинга и массового отлова хлопковой совки при лёте до 7…36 экз. в сутки. При более высоких величинах этого показателя их использование не позволяет объективно оценивать динамику лета этого вредителя и соразмерных с ним экономически значимых фитофагов при проведении недельных учетов.

Световые ловушки для отлова насекомых конструкции ФГБНУ ФНЦБЗР показали свою эффективность при мониторинге динамики лета хлопковой и других видов совки, лугового мотылька. На томате привлекалось до 76 экз. вредителей в неделю, на подсолнечнике – до 1700 экз. в неделю, на сое – до 468 экз. в неделю. Кроме того, на сое отмечали до 261 экз. на ловушку лугового мотылька в неделю. Таким образом, световые ловушки конструкции ФГБНУ ФНЦБЗР можно использовать не только для мониторинга таких экономически значимых видов, как хлопковая и другие виды совок, луговой мотылек, но и для снижения их численности в посевах сельскохозяйственных культур путем массового отлова.

Литература.

1. Васюков П. П. Обработка почвы и ее плодородие в Краснодарском крае. URL: https://www.agropromyug.com/nauka/96-obrabotka-pochvy-i-ee-plodorodie-v-krasnodarskom-krae.html (дата обращения 24.03.2021).

2. Обзор агрокомплекса & Агробизнеса Краснодарского края. URL: https://www.kubanmakler.ru/9/25.htm (дата обращения 25.03.2021).

3. Захаренко В. А., Гричанов И. Я. Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. М.-СПб: Инновационный центр защиты растений ВИЗР, 2002. 96 с.

4. Вредители растений и сельскохозяйственной продукции / А. И. Белый, А. С. Замотайлов, И. Б. Попов и др. Краснодар: КубГАУ, 2022. 198 с.

5. Do different LED colours influence sand fly collection by light trap in the Mediterranean / G. Gaglio, E. Napoli, F. Arfuso, et al. // BioMed research international. 2018. Vol. 2018. Article 6432637. URL: https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/6432637/ (дата обращения: 11.02.2022). doi: 10.1155/2018/6432637.

6. Influence of green light illumination on several enzymes involved in energy metabolism in the oriental armyworm, Mythimna separata (Lepidoptera: Noctuidae) / K. Kima, U. Sin, C. Yun, et al. // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2019. Vol. 22. No. 2. P. 487–492. doi: 10.1016/j.aspen.2019.03.002.

7. Применение светоловушек для отлова насекомых в агроценозе подсолнечника / А. А. Пачкин, И. Б. Попов, О. Ю. Кремнева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 73–76. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11215.

8. Attraction of stink bugs to rocket traps with different combinations of wing and landing board color / S. Bae, H. Yi, Y. Yoon, et al. // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2019. Vol. 22. No. 1. P. 243–249. doi: 10.1016/j.aspen.2019.01.007.

9. Balamurugan R., Kandasamy P. Effectiveness of portable solar-powered light-emitting diode insect trap: Experimental investigation in a groundnut field // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2021. Vol. 24. No. 4. P. 1024–1032. doi: 10.1016/j.aspen.2021.09.013.

10. Population dynamics of major phototactic insect pests of chickpea ecosystem through light trap / A. K. Sharma, R. Aarwe, A. K. Bhowmick, et al. // Legume Research-An International Journal. 2020. Vol. 43. P. 289–293. doi: 10.18805/LR-4141.

11. Test results for LED traps of various designs for phytosanitary monitoring / A. Pachkin, O. Kremneva, M. Ivanisova, et al. // Research on Crops. 2021. Vol. 22. No. 3. P. 686–691. doi: 10.31830/2348-7542.2021.117.

12. Field evaluation of light-emitting diodes to trap the cotton bollworm, Helicoverpa armigera / H. Pan, Y. Xu, G. Liang, et al. // Crop Protection. 2020. Vol. 137. Article 105267. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420302003?via%3Dihub (дата обращения 31.03.21). doi: 10.1016/j.cropro.2020.105267.

References

1. Vasyukov PP. [Soil cultivation and its fertility in the Krasnodar Territory]. Agropromyshlennaya gazeta yuga Rossii [Internet]. [cited 2021 Mar 24]: [about 6 screens]. Available from: https://www.agropromyug.com/nauka/96-obrabotka-pochvy-i-ee-plodorodie-v-krasnodarskom-krae.html. Russian.

2. Kubanmakler [Internet]. Krasnodar (Russia): Kubanmakler; 2002-2022. [Overview of the agro-complex & Agribusiness of the Krasnodar Territory]; [cited 2021 Mar 25]; [about 7 screens]. Available from: https://www.kubanmakler.ru/9/25.htm. Russian.

3. Zakharenko VA, Grichanov IYa. Metody monitoringa i prognoza razvitiya vrednykh organizmov [Methods for monitoring and predicting the development of harmful organisms]. Moscow, St. Petersburg (Russia): Innovatsionnyi tsentr zashchity rastenii VIZR; 2002. 96 p. Russian.

4. Belyi AI, Zamotailov AS, Popov IB, et al. Vrediteli rastenii i sel'skokhozyaistvennoi produktsii [Pests of plants and agricultural products]. Krasnodar (Russia): KubGAU; 2022. 198 p. Russian.

5. Gaglio G, Napoli E, Arfuso F, et al. Do different LED colours influence sand fly collection by light trap in the Mediterranean. BioMed research international [Internet]. 2018 [cited 2022 Feb 11];2018: Article 6432637. Available from: https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/6432637/. doi: 10.1155/2018/6432637.

6. Kima K, Sin U, Yun C, et al. Influence of green light illumination on several enzymes involved in energy metabolism in the oriental armyworm, Mythimna separata (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Asia-Pacific Entomology. 2019;22(2):487-92. doi: 10.1016/j.aspen.2019.03.002.

7. Pachkin AA, Popov IB, Kremneva OYu, et al. [The use of light traps for trapping insects in sunflower agrocenosis]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019;33(12):73-6. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2019-11215.

8. Bae S, Yi H, Yoon Y, et al. Attraction of stink bugs to rocket traps with different combinations of wing and landing board color. Journal of Asia-Pacific Entomology. 2019;22(1):243-9. doi: 10.1016/j.aspen.2019.01.007.

9. Balamurugan R, Kandasamy P. Effectiveness of portable solar-powered light-emitting diode insect trap: Experimental investigation in a groundnut field. Journal of Asia-Pacific Entomology. 2021;24(4):1024-32. doi: 10.1016/j.aspen.2021.09.013.

10. Sharma AK, Aarwe R, Bhowmick AK, et al. Population dynamics of major phototactic insect pests of chickpea ecosystem through light trap. Legume Research-An International Journal. 2020;43:289-93. doi: 10.18805/LR-4141.

11. Pachkin A, Kremneva O, Ivanisova M, et al. Test results for LED traps of various designs for phytosanitary monitoring. Research on Srops. 2021;22(3):686-91. doi: 10.31830/2348-7542.2021.117.

12. Pan H, Xu Y, Liang G, et al. Field evaluation of light-emitting diodes to trap the cotton bollworm, Helicoverpa armigera. Crop Protection [Internet]. 2020 [cited 2021 Mar 31];137: Article 105267. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420302003?via%3Dihub. doi: 10.1016/j.cropro.2020.105267.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_39
УДК 632.937

Изучение межвидовой химической коммуникации для синхронного регулирования численности основных вредителей яблони

И. С. АГАСЬЕВА, В. Я. ИСМАИЛОВ, М. В. НЕФЕДОВА, А. С. НАСТАСИЙ, Е. О. ГОЛОБОРОДЬКО
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью разработки методов синхронного регулирования численности основных вредителей яблони с использованием межвидовых феромонных источников. Работу выполняли в Краснодарском крае в яблоневом саду на площади 5 га. Сад заложен в 2015 г., схема посадки: 5 м × 2 м, формировка кроны – веретено. Для изучения видового состава и динамики численности вредителей яблони использовали стандартные феромонные ловушки Атракон и Атракон А, при разработке методов синхронного регулирования в ловушку одновременно помещали диспенсеры с феромонами изучаемых видов яблонной (*Cydia pomonella* L.), сливовой (*Grapholitha funebrana* Tr.) и восточной (*Grapholitha molesta* Tr.) плодожорок, а также гранатовой огневки (*Euzophera bigella* Zell.). Большинство видов насекомых из отряда Lepidoptera было представлено семейством листоверток: Torticidae – 72,6 %, Noctuidae – 9,5 %, Pyralidae – 4,8 %, Sesiidae – 4,8 %, Liithocolletidae – 4,8 %. Наиболее массовыми и совпадающими по синхронности лёта с яблонной плодожоркой (*C. pomonella*) были сливовая (*G. funebrana*) и восточная (*G. molesta*) плодожорки, гранатовая огневка (*E. bigella*). Феромон сливовой плодожорки стимулировал отловы восточной плодожорки, что, по-видимому, объясняется близкими по строению молекулами феромонов. Это позволяет совместно использовать феромоны в разработке синхронных методов защиты. Ловушки с межвидовыми феромонами привлекают большое количество нецелевых видов Lepidoptera, отлавливалась дубовая листовертка и другие виды семейства Torticidae, Pyralidae, Noctuidae, что, по всей вероятности, можно объяснить совпадением структур, образующихся при эмиссии веществ, входящих в состав многовидового феромона. Результаты изучения внутри- и межвидовой химической коммуникации насекомых служат основой для разработки методов их биологического контроля на уровне агроценозов и агроэкосистем.

Ключевые слова: феромоны, химическая коммуникация, синхронное регулирование, яблонная плодожорка *Cydia pomonella* L., сливовая плодожорка (*Grapholitha funebrana* Tr.), восточная плодожорка (*Grapholitha molesta* Tr.), гранатовая огневка (*Euzophera bigella* Zell.).

Сведения об авторах: И. С. Агасьева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: agasieva5@yandex.ru); В. Я. Исмаилов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; М. В. Нефедова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; А. С. Настасий, научный сотрудник; Е. О. Голобородько, младший научный сотрудник.

Для цитирования: Изучение межвидовой химической коммуникации для синхронного регулирования численности основных вредителей яблони / И. С. Агасьева, В. Я. Исмаилов, М. В. Нефедова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 39–44. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_39.

**исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/65*

Interspecific chemical communication for synchronous regulation of the population of the apple tree main pests

I. S. Agasyeva, V. Ya. Ismailov, M. V. Nefedova, A. S. Nastasy, E. O. Goloborodko
Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The research aimed to develop methods for the synchronous regulation of the main apple pests' abundance using interspecific pheromone sources. The work was carried out in the Krasnodar Territory in an apple orchard on an area of 5 hectares. The garden was founded in 2015 with planting pattern of 5 m x 2 m; the tree crown formation was spindle. To study the species composition and dynamics of the population of apple pests, standard pheromone traps Atracon and Atracon A were used. When developing methods for synchronous regulation, dispensers with pheromones of the studied species of apple (*Cydia pomonella* L.), plum (*Grapholitha funebrana* Tr.), and oriental (*Grapholitha molesta* Tr.) moth, as well as quince moth (*Euzophera bigella* Zell.) were placed in the trap at the same time. Most insect species from the order Lepidoptera were represented by the family of tortrix months: Torticidae – 72.6%, Noctuidae – 9.5%, Pyralidae – 4.8%, Sesiidae – 4.8%, Liithocolletidae – 4.8%. The plum (*G. funebrana*) and eastern (*G. molesta*) moths and quince moth (*E. bigella*) were the most widespread and coinciding in flight synchrony with the codling moth (*C. pomonella*). The plum moth pheromone stimulated the capture of the oriental moth. That is explained by the pheromone molecules that are similar in structure. This allows the joint use of pheromones in the development of synchronous protection methods. Traps with interspecies pheromones attracted a large number of non-target species of Lepidoptera; green oak leaf roller and other species of the families Torticidae, Pyralidae, Noctuidae were caught. It can be explained by the coincidence of structures formed during the emission of substances that are parts of the multispecies pheromone. The study results of intra- and interspecific chemical communication of insects serve as the basis for the development of methods for their biological control at the level of agrocenoses and agroecosystems.

Keywords: pheromones; chemical communication; synchronous regulation; codling moth *Cydia pomonella* L.; plum moth (*Grapholitha funebrana* Tr.); oriental moth (*Grapholitha molesta* Tr.); quince moth (*Euzophera bigella* Zell.).

Author Details: I. S. Agasyeva, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow (e-mail: dollkaSneba@yandex.ru); V. Ya. Ismailov, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; M. V. Nefedova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; A. S. Nastasy, research fellow; E. O. Goloborod'ko, junior research fellow.

For citation: Agasyeva IS, Ismailov VYa, Nefedova MV, et al. [Interspecific chemical communication for synchronous regulation of the population of the apple tree main pests]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):39-44. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_39.

Феромоны выступают одним из наиболее эффективных инструментов, разработанных для минимизации использования инсектицидов, улучшения окружающей среды и здоровья человека, усиления биологического контроля при производстве плодов [1].

Низкая токсичность феромонных материалов, предельно малый расход и широкий ассортимент обеспечивают преимущество их применения, в сравнении с химическими способами борьбы с вредителями [2]. В этой связи, приоритетным направлением иссле-

дований служит поиск новых и усовершенствование известных способов применения феромонов для регулирования численности вредных видов насекомых и клещей [3].

Половые феромоны насекомых селективны и эффективны при использовании для мониторинга популяций и биорационального контроля вредных видов путем нарушения репродуктивных связей (дезориентация и массовый отлов) [4]. Разработана система «привлекай и убивай», сочетающая половые феромоны насекомых с инсектицидами и энтомопатогенами [5]. Эта технология показала высокую эффективность в борьбе с рядом важных чешуекрылых вредителей, включая хлопковую моль *Pectinophora gossypiella* Saunders (1844), яблонную моль *Epiphyas postvittana* Walker (1863) и яблонную плодожорку *Cydia pomonella L. (1758)* [6].

Феромоны играют важную роль в межвидовых взаимоотношениях насекомых, позволяющую раскрывать информацию, которую могут использовать другие участники трофических цепей конкурентных видов и естественных врагов в своих интересах [7, 8, 9].

При этом, например, феромоны агрегации двух близкородственных видов трипсов – *Frankliniella occidentalis* Pergande (1895) и *Frankliniella intonsa* Trybom (1895) – были идентифицированы с одними и теми же основными соединениями: (R)-лавандулилацетатом и нерил (S)-2-метилбутаноатом, но в разных соотношениях. Установлено, что видоспецифичные феромоны могут быть одним из факторов, влияющих на динамику и структуру популяций близкородственных насекомых со сходными нишами [10, 11].

Половые феромоны листоверток на протяжении многих лет используют при разработке методов борьбы с вредителями плодовых культур.

Восточная плодожорка *Grapholita molesta* Busck (1916) – опасный вредитель семечковых и косточковых садов [1]. Ее феромон состоит из трехкомпонентной смеси (*Z*)-8-додеценилацетата (Z8-12:Ac), (*E*)-8-додецинацетата (*E*8-12:Ac) и (*Z*)-8-додеценола (*Z*8-12:OH) [12]. Добавление кодлемона ((*E,E*)-8,10-додекадиенола), основного компонента полового феромона яблонной плодожорки *C. pomonella*, к феромону *G. molesta* увеличивает эффективность отлова самцов в ловушки [13, 14, 15]. При этом реакция с кодлемоном усиливается в отсутствии компонента феромона восточной плодожорки *Z*8-12:OH [1, 13]. Однако ловушки с межвидовыми феромонами привлекают множество нецелевых видов Lepidoptera и могут затруднять их использование [15]. В то же время этот фактор может быть полезен для разработки способов синхронного контроля численности комплекса вредителей [16].

Феромоны большинства видов листоверток имеют от 2 до 6 компонентов. Различные компоненты или соотношения одних и тех же компонентов делают их специфическими аттрактантами для целевого вида. Например, у нескольких видов листоверток специфичность феромонов возникает из-за того, что компоненты присутствуют в разных соотношениях [17].

Цель исследований – разработка методов синхронного регулирования численности основных вредителей яблони с использованием межвидовых феромонных источников.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в яблоневом саду учхоза «Кубань» Кубанского государственного агарного университета (КубГАУ) на площади 5 га. Сад заложен в 2015 г., в плодоношение вступил на четвертый год, схема посадки – 5 м × 2 м, формировка кроны – веретено. Сортовой состав – Либерти, Голдраж, Флорина.

Опыт проводили в 2020–2021 гг. Сад расположен в Центральной зоне Краснодарского края. Этой территории присуще умеренное увлажнение (неустойчивое), умеренно мягкая зима с непостоянным покровом снега. Общее количество осадков, выпадающее за год, составляет 500…645 мм. Умеренно континентальный климат Центральной зоны Краснодарского края характеризуется как благоприятный для большинства сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1. **Метеоусловия в период проведения исследований**

Год	Месяцы и декады											
	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
температура воздуха, °С												
Среднемноголетняя	15,0	16,8	18,5	19,5	20,4	21,3	20,3	23,2	25,0	23,9	22,7	21,9
2020 г.	19,8	18,3	21,4	21,1	24,5	27,1	26,7	26,1	26,5	23,0	25,0	26,0
2021 г.	19,1	22,3	24,0	23,0	26,5	28,4	30,2	37,6	38,8	37,4	29,8	32,5
количество осадков, мм												
Среднемноголетнее	18,0	19,0	20,0	22,0	23,0	22,0	21,0	19,0	19,0	16,0	18,0	18,0
2020 г.	20,2	7,3	34,2	5,5	3,5	15,4	0,0	41,3	72,5	25,1	37,2	5,1
2021 г.	19,0	35,0	9,0	19,0	11,5	24,3	12,0	2,0	17,0	32,5	151,0	5,0
относительная влажность воздуха, %												
Среднемноголетняя	67	67	67	66	66	65	65	65	64	63	63	65
2020 г.	54	64	57	56	49	54	45	62	59	67	63	49
2021 г.	59	60	61	39	46	56	49	28	32	39	57	46

Для изучения видового состава и динамики численности вредителей яблони использовали стандартные феромонные ловушки Атракон с феромонами яблонной, сливовой и восточной плодожорок; розанной, ивовой кривоусовой, подкоровой, всеядной и дубовой листоверток; гранатовой огнёвки-плодожорки, нижнесторонней минирующей моли, калифорнийской щитовки и других вредителей.

Феромонные ловушки для отлова вредителей развешивали вручную не позднее, чем за одну неделю до прогнозируемого начала лёта имаго вредителей перезимовавшего поколения. Их размещали на внешней стороне кроны деревьев равномерно, из расчета 1 ловушка на каждые 20 м^2 площади, развешивая на высоте 1,5…2,0 м от поверхности почвы с северо-западной стороны кроны дерева (рис. 1).

Для изучения совместимости феромонов яблонной, восточной, сливовой плодожорок и гранатовой огневки-плодожорки диспенсеры с феромонами изучаемых видов помещали в одну ловушку Атракон А. Все ловушки были вывешены в четырехкратной

Рис. 1. Яблоневый сад учхоза «Кубань» КубГАУ: а) сад с ловушками для определения видового состава; б) ловушка для отлова насекомых.

повторности. Для разработки методов синхронного регулирования численности вредителей проводили изучение видового состава, динамики численности, синхронности сезонной и циркадной активности фитофагов яблони.

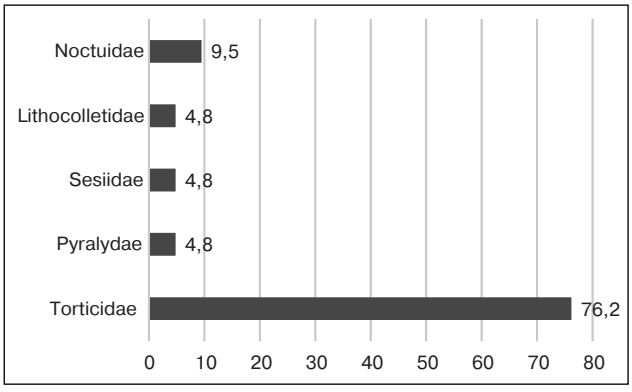


Рис. 2. Соотношение видов семейств отряда Lepidoptera, отловленных в яблоневом саду учхоза «Кубань» КубГАУ (2020–2021 гг.), %.

Результаты и обсуждение. На основании феромонного мониторинга, проведенного в садах Краснодарского края, уточнен видовой состав фитофагов семейства Lepidoptera. Большинство видов насекомых из отряда Lepidoptera было представлено семейством листоверток Torticidae (рис. 2).

Среди экономически значимых вредителей отмечены следующие виды: боярышниковая листовертка (*Archips crataegana* Hbn. (1796), всеядная листовертка (*Archips podana* Sc. (1763), дымчатая листовертка (*Choristoneura diversana* Hbn. (1814), ивовая кривоусая листовертка (*Pandemis heparana* Den & Schiff. (1775), многоядная гребневая листовертка (*Argyrotaenia pulchellana* Hw. (1811), пестрозолотистая листовертка (*Archips xylosteana* L. (1758), плодовая изменчивая листовертка (*Hedya nubiferana* Hw. (1811), подкоровая листовертка (*Enarmonia formosana* Sc. (1763), почковая листовертка (*Spilonota ocellana* F. (1775), розанная листовертка (*Archips rosana* L. (1758), сетчатая листовертка (*Adoxophyes orana* F.R. (1834), сливовая плодожорка (*G. junebrana*), яблонная плодожорка (*C. pomonella)*, восточная плодожорка (*G. molesta*). Потенциальные вредители из семейства Torticidae – зеленая дубовая листовертка (*Tortrix viridana* L. (1758), темножилковая литовертка (*Clepsis spectrana* Tr. (1830), обнаруженные в процессе мониторинга в яблоневом саду учхоза «Кубань» КубГАУ. Семейство огневок (Pyralydae) было представлено одним видом – гранатовой огневкой (*Euzophera bigella* Zell. (1848), отлов которой отмечали со второй декады мая по первую декаду сентября. Среди совок (Noctuidae) в качестве потенциального вредителя отмечена совка-гамма (*Autographa gamma* L. (1758), экономически значимого – хлопковая совка (*Helicoverpa armigera* Hubn. (1808). Одним видом экономически значимых вредителей были представлены семейство стеклянниц (Sesiidae) – яблонная стеклянница (*Synanthedon myopaeformis* Borkh. (1789) и семейство молей-пестрянок (Lithocolletidae) – яблонная нижнесторонняя моль-пестрянка (*Phyllonorycter pyrifoliella* Grsm. (1933).

Фенологическое развитие основных вредителей в 2020 г. началось в конце апреля (рис. 3). У яблонной

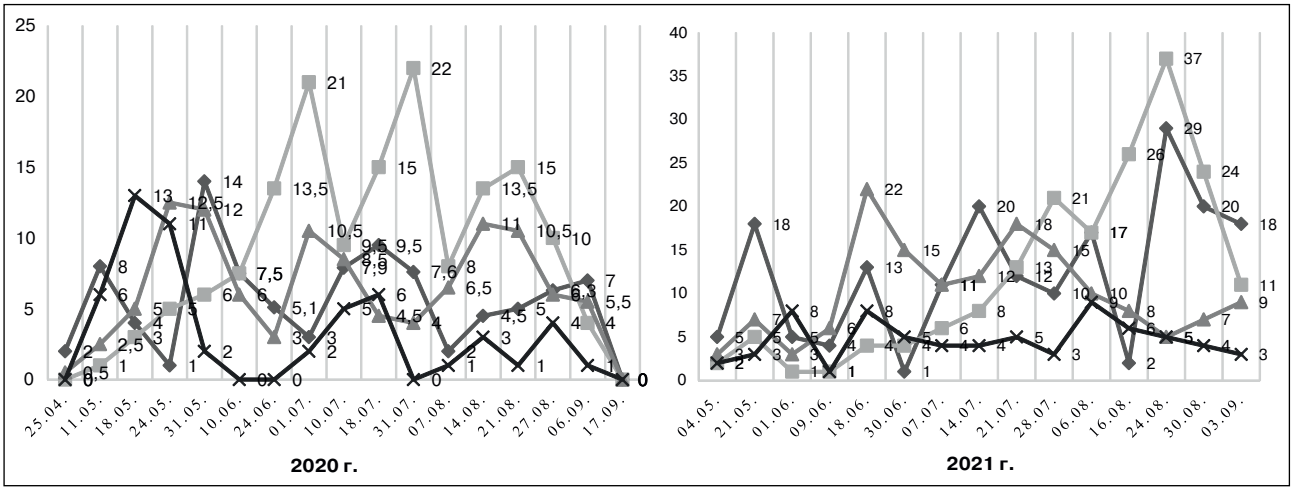


Рис. 3. Динамика лёта основных вредителей яблони в яблоневом саду учхоза «Кубань» КубГАУ (2020–2021 гг.): – яблонная плодожорка; – восточная плодожорка; – сливовая плодожорка; – гранатовая огнёвка.

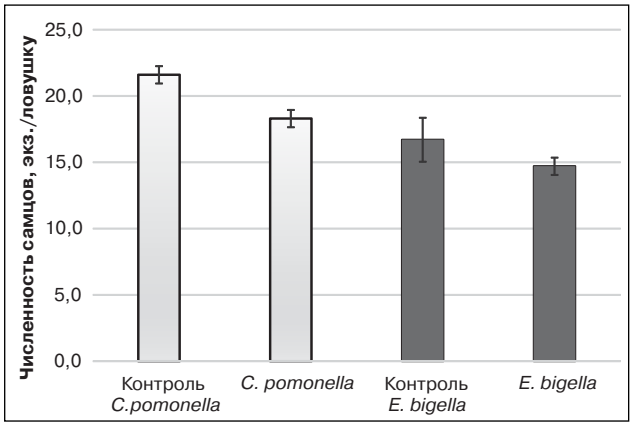


Рис. 4. Совместимость феромонов яблонной плодожорки и гранатовой огневки (учхоз «Кубань» КубГАУ 2020 г.).

плодожорки наблюдали четыре пика лёта с максимальной численностью 14 экз./лов. в середине июня. У восточной плодожорки отмечено три пика лёта в середине июня, июля и августа с максимальным количеством 23 экз./лов. Численность гранатовой огневки была невысокой – 13 экз./лов. у перезимовавшего поколения и максимум на пиках лёта в конце июля и августа от 4...6 экз./лов.

Таблица 2. **Совместимость феромонов яблонной плодожорки и гранатовой огневки (учхоз «Кубань» КубГАУ, 2020 г.), экз./лов.**

Вариант		Количество отловленных по датам самцов						
		01.07	05.07	12.07	19.07	25.07	30.07	всего
Феромон яблонной плодожорки		5 a*	8 ab	19 c	6 ab	4 a	3 a	45 b
Феромон гранатовой огневки		7 c	9 bc	11 b	5 a	3 a	2 a	37 a
Комплекс феромонов	яблонная плодожорка	2 b	10 c	22 d	19 c	6 b	2 a	51 c
	гранатовая огневка	4 a	7 a	8 a	7 b	4 a	3 a	33 a

**между вариантами, обозначенными одинаковыми буквенными индексами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при критическом уровне значимости 95 %.*

В 2021 г. лёт перезимовавшего поколения доминантных чешуекрылых вредителей яблони наблюдали в начале мая с пиком численности яблонной плодожорки 18 экз./лов. в середине мая. Метеоусловия 2021 г. (жаркое и засушливое лето) способствовали росту численности вредителей. Среди видов, отлавливаемых феромонными ловушками, наиболее массовыми и совпадающими по синхронности лёта с яблонной плодожоркой (*C. pomonella*) были сливовая (*Grapholitha funebrana* Tr.) и восточная (*Grapholitha molesta* Tr.) плодожорки, гранатовая огневка (*Euzophera bigella* Zell.). Так как эти виды экономически значимые, их выбрали для экспериментов по межвидовой химической коммуникации.

В последние годы гранатовая огневка наносит большой вред яблоне. Пока неизвестно, что послужило причиной того, что *E. bigella*, ранее не привлекавшая к себе внимания в яблоневых садах Краснодарского края, стала опасным вредителем этой культуры с постепенно нарастающей вредоносностью (в конце сезона поврежденность падалицы в 2019 г. составляла около 20 %, в 2020 г. – около 35 %). Некоторые зарубежные авторы, например, считают, что приобретение этим видом экономической значимости в странах Средиземноморья обусловлено климатическими изменениями [18].

Анализ развития изучаемых насекомых показал, что начало отрождения гусениц гранатовой огневки и яблонной плодожорки совпадает, поэтому возможно проведение совмещенных обработок. То есть перспективными видами для изучения совместимости феромонов могут быть яблонная плодожорка и гранатовая огневка, лет которых в трех генерациях практически совпадает. На основании этого был проведен эксперимент по определению совместимости в ловушке феромонов яблонной плодожорки и гранатовой огневки.

При комплексном использовании межвидовой феромонной приманки яблонной плодожорки и гранатовой огневки количество отловленных самцов практически совпадало (рис. 4). Так, в контрольном варианте было отловлено в среднем 21,6 экз./лов. яблонной плодожорки, в опытном – 18,3 экз./лов., гранатовой огневки – соответственно 16,7 и 14,7 экз./лов. Полученные данные, подтверждают совместимость компонентов феромонов этих видов.

Изучение совместимости феромонов яблонной плодожорки и гранатовой огневки, проведённое в период массового лёта второй генерации вредителей в 2021 г., подтвердило отсутствие их ингибирующего воздействия на хеморецепторы самцов (табл. 2).

В результате комплексных сравнительных испытаний феромонных ловушек, снабженных диспенсерами 2 видов доминирующих фитофагов ценоза яблони, установлен синергический феномен прогрессирующего увеличения отлова насекомых как на видовом,

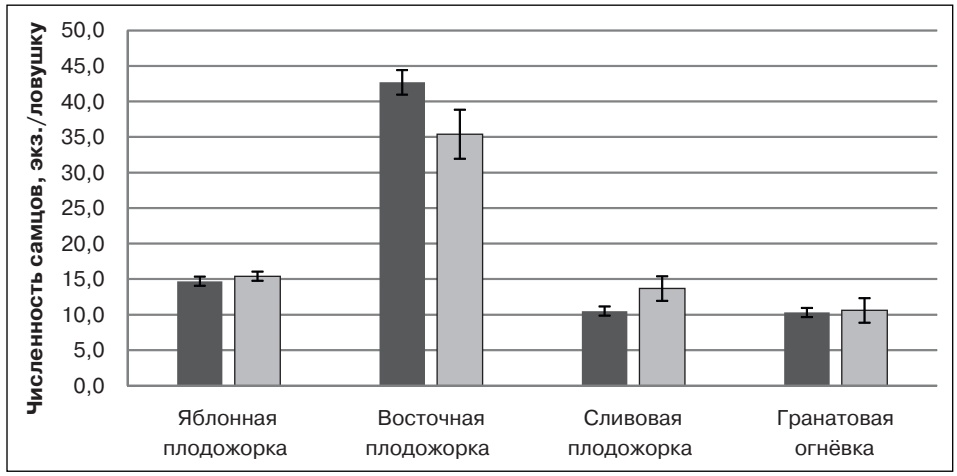


Рис. 5. Совместимость феромонов яблонной, восточной, сливовой плодожорок и гранатовой огневки (учхоз «Кубань» КубГАУ, 2020 г.): ■ – опыт; □ – контроль.

Таблица 3. **Совместимость феромонов яблонной, сливовой и восточной плодожорок, гранатовой огневки (учхоз «Кубань» КубГАУ, 2021 г.), экз./лов.**

Вариант	Количество отловленных по датам самцов								
	30.06	7.07	13.07	19.07	24.07	30.07	4.08	12.08	всего
Феромон яблонной плодожорки	8,0^{e}	5,0^{a}	12,0^{d}	17,0^{e}	10,5^{d}	7,0^{d}	5,0^{d}	4,5^{a}	65,5^{f}
Феромон восточной плодожорки	18,5^{f}	15,0^{d}	14,0^{e}	29,0^{f}	26,5^{e}	17,8^{e}	9,0^{e}	2,5^{b}	132,5^{g}
Феромон сливовой плодожорки	4,5^{bc}	6,5^{b}	7,0^{b}	5,0^{a}	3,0^{a}	2,0^{ab}	1,0^{a}	1,0^{a}	30,0^{b}
Феромон гранатовой огневки	5,5^{cd}	8,5^{c}	4,0^{a}	9,0^{c}	5,5^{b}	4,0^{c}	3,5^{c}	6,5^{d}	46,5^{d}
Комплекс феромонов: яблонная плодожорка	6,5^{d}	4,0^{a}	10,0^{c}	14,0^{d}	9,0^{c}	6,0^{d}	3,0^{bc}	3,0^{a}	55,5^{e}
Комплекс феромонов: восточная плодожорка	29,5^{g}	20,4^{e}	18,3^{f}	33,4^{g}	30,2^{f}	21,6^{f}	12,3^{f}	5,8^{d}	171,5^{h}
Комплекс феромонов: сливовая плодожорка	3,0^{a}	5,2^{a}	6,0^{b}	4,0^{a}	2,0^{a}	1,0^{a}	1,0^{a}	0,0^{a}	22,2^{a}
Комплекс феромонов: гранатовая огневка	4,3^{ab}	6,5^{b}	3,0^{a}	7,0^{b}	4,5^{b}	3,0^{bc}	2,0^{ab}	4,5^{c}	37,8^{c}

**между вариантами, обозначенными одинаковыми буквенными индексами, при их сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при критическом уровне значимости 95 %.*

так и на численном уровне. Поэтому исследования были продолжены с привлечением феромонов новых видов, так как в перспективе это открывает возможности для направленного управления численностью популяций комплексов вредителей в садовых и других агроценозах.

Полученные в 2020 г. результаты опыта (рис. 5) по совместимости феромонов основных видов чешуекрылых ценоза яблони убедительно доказывают возможность их комплексного использования в защите культуры методами дезориентации, массового отлова, автостерилизации и автодиссеминации энтомопатогенами. Интересен эффект достоверного повышения отлова самцов восточной плодожорки ловушками с комплексным набором феромонов, в сравнении с отдельными видовыми диспенсерами, что вполне согласуется с результатами исследований, приведенных ранее [13, 14, 15]. Следует также отметить, что ловушки с межвидовыми феромонами привлекают много представителей нецелевых видов Lepidoptera. В наших экспериментах в больших количествах (до 30...40 самцов на ловушку) отлавливалась дубовая листовертка и другие виды семейства Torticidae, Pyralidae, Noctuidae, что, по всей вероятности, можно объяснить совпадением структур, образующихся при эмиссии веществ, входящих в состав многовидового феромона. И если привлечение нецелевых видов при использовании комплексных феромонов для мониторинга может вызвать некоторые затруднения, то для целей синхронного регулирования численности комплекса вредителей вполне оправдано.

Аналогичные данные были получены в исследованиях, проведенных в 2021 г. Ловушки с комплексом феромонов оказались не менее эффективными при отлове вредителей, чем ловушки с одним видоспецифичным феромоном (табл. 3). Так, в случае с отдельными феромонами яблонной, сливовой и восточной плодожорок, гранатовой огневки различие уловистости видовых ловушек, по сравнению с комплексной межвидовой, не превышало 10 экз. (в отдельные ловушки отловилось яблонной плодожорки на 10 экз., сливовой – на 7,8 экз., гранатовой – на 8,7 экз. больше, чем в комплексную за весь период наблюдений). При этом в комплексной ловушке было обнаружено на 39 экз. больше восточной плодожорки, чем в ловушке с отдельным феромоном.

Выводы. Использование ловушек с комплексом феромонов (межвидовые химически синтезированные феромонные источники) позволяет осуществлять синхронное регулирование численности вредителей яблони. При одновременном применении феромонов нескольких видов было отловлено примерно такое же количество вредителей, как и в ловушки со специфическим феромоном: в комплексную ловушку попало меньше на 15,3 % яблонной, на 26 % сливовой плодожорки и на 17,1 % гранатовой огневки, чем в ловушку с одним специфическим феромоном. В то же время в ловушке с комплексом феромонов было зафиксировано на 29,4 % восточной плодожорки больше, чем в ловушке со специфическим феромоном. Полученные результаты позволяют применять комплекс феромонов для массового отлова и дезориентации в целях эффективного контроля численности основных вредителей яблоневого сада.

Литература.

1. Comparison of sex pheromone and kairomone-enhanced pheromone lures for monitoring oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in mating disruption and non-disruption tree fruit orchards / J. F. Walgenbach, S. C. Schoof, D. Bosch, et al. // Environmental Entomology. 2021. Vol. 50. No. 5. P. 1063–1074. doi: 10.1093/ee/nvab056.

2. Mating disruption for managing the honeydew moth, Cryptoblabes gnidiella (Milliere), in Mediterranean vineyards / R. Ricciardi, F. Di Giovanni, F. Cosci, et al. // Insects: electronic scientific journal. 2021. Vol. 12. No. 5. Article 390. URL: https://www.mdpi.com/2075-4450/12/5/390 (дата обращения: 30.03.2022) doi: 10.3390/insects12050390.

3. Eco-friendly pheromone dispensers-a green route to manage the European grapevine moth? / A. Lucchi, E. Ladurner, A. Iodice, et al. // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25. No. 10. P. 9426–9442. doi: 10.1007/s11356-018-1248-3.

4. Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: Challenges for a brighter future / G. Benelli, A. Lucchi, D. Thomson, et al. // Insects: electronic scientific journal. 2019. Vol. 10. No. 10. Article 308. URL: https://www.mdpi.com/2075-4450/10/10/308 (дата обращения: 30.03.2022). doi: 10.3390/insects10100308.

5. Shaw B., Nagy C., Fountain M. T. Organic control strategies for use in IPM of invertebrate pests in apple and pear orchards // Insects: electronic scientific journal. 2021. Vol. 12. No. 12. Article 1106. URL: https://www.mdpi.com/2075-4450/12/12/1106 (дата обращения: 30.03.2022). doi: 10.3390/insects12121106.

6. Krupke C. H., Roitberg B. D., Judd G. J. R. Field and laboratory responses of male codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to a pheromone-based attract-and-kill strategy // Environmental Entomology. 2002. Vol. 31. P. 189–197. doi: 10.1603/0046-225X-31.2.189.

7. Olfactory response of the predatory bug Orius laevigatus (Hemiptera:Anthocoridae) to the aggregation pheromone of its prey, Frankliniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae) / T. Vaello, J. L. Casas, A. Pineda, et al. // Environmental Entomology. 2017. Vol. 46. No. 5. P. 1115–1119. doi: 10.1093/ee/nvx141.

8. Aphid alarm pheromone alters larval behaviour of the predatory gall midge, Aphidoletes aphidimyza and decreases intraguild predation by anthocorid bug, Orius laevigatus / M. Hosseini, M. Mehrparvar, S. E. Zytynska, et al. // Bulletin of Entomological Research. 2021. Vol. 111. No. 4. P. 445–453. doi: 10.1017/S0007485321000122.

9. Разработка методов применения феромонных материалов для мониторинга и управления численностью фитофагов яблони / И. С. Агасьева, В. Я. Исмаилов, А. С. Настасий и др. // Садоводство и виноградорство. 2021. № 2. С. 47–53. doi: 10.31676/0235-2591-2021-2-47-53.

10. Species-specific aggregation pheromones contribute to coexistence in two closely related thrips species / X. Li, S. Geng, Z. Zhang, et al. // Bulletin of Entomological Research. 2019. Vol. 109. No. 1. P. 119–126. doi: 10.1017/S0007485318000366.

11. Pheromone antagonism in Plutella xylostella (Linnaeus) by sex pheromones of two sympatric noctuid moths / F. M. Wang, Z. J. Shen, C. Schal, et al. // Pest Management Science. 2022. Vol. 78. No. 1. P. 379–387. doi: 10.1002/ps.6651.

12. Roelofs W. L., Comeau A., Selle R. Sex pheromone of the oriental fruit moth // Nature. 1969. Vol. 224. No. 5220. P. 723.

13. Role of plant volatiles and hetero-specific pheromone components in the wind tunnel response of male Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae) to modified sex pheromone blends / B. Ammagarahalli, L. Chianella, P. Gomes, et al. // Bulletin of entomological research. 2017. Vol. 107. No. 5. P. 573–582.

14. Evenden M. L., McClaughlin J. R. Male Oriental fruit moth response to a combined pheromone-based attracticide formulation targeting both Oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) // Journal of Economic Entomology. 2005. Vol. 98. No. 2. P. 317–325.

15. Monitoring oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with combinations of pheromones and kairomones / A. Knight, L. Cichon, E. Fuentes-Contreras, et al. // Journal of Applied Entomology. 2014. Vol. 138. No. 10. P. 783–794.

16. Изучение химической коммуникации фитофагов яблони на внутри- и межвидовом уровнях / И. Н. Пастарнак, А. А. Пачкин, И. С. Агасьева и др. // Наука Кубани. 2014. № 1. С. 48–53.

17. Brunner J. F., Gut L. J., Knight A. L. Transition of apple and pear orchards to a pheromone-based pest management system // Journal of economic entomology. 1994. Vol. 93. No. 3. P. 169–175.

18. Giorgi F., Lionello P. Climate change projections for the Mediterranean region // Global and Planetary Change. 2008. Vol. 63. No. 2-3. P. 90–104. doi: 1016/j.gloplacha.2007.09.005.

References

1. Walgenbach JF, Schoof SC, Bosch D, et al. Comparison of sex pheromone and kairomone-enhanced pheromone lures for monitoring oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in mating disruption and non-disruption tree fruit orchards. Environmental Entomology. 2021;50(5):1063-74. doi: 10.1093/ee/nvab056.

2. Ricciardi R, Di Giovanni F, Cosci F, et al. Mating disruption for managing the honeydew moth, Cryptoblabes gnidiella (Milliere), in Mediterranean vineyards. Insects: electronic scientific journal [Internet]. 2021 [cited 2022 Mar 30];12(5): Article 390. Available from: https://www.mdpi.com/2075-4450/12/5/390. doi: 10.3390/insects12050390.

3. Lucchi A, Ladurner E, Iodice A, et al. Eco-friendly pheromone dispensers-a green route to manage the European grapevine moth? Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(10):9426-42. doi: 10.1007/s11356-018-1248-3.

4. Benelli G, Lucchi A, Thomson D, et al. Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: Challenges for a brighter future. Insects: electronic scientific journal [Internet]. 2019 [cited 2022 Mar 30];10(10): Article 308. Available from: https://www.mdpi.com/2075-4450/10/10/308. doi: 10.3390/insects10100308.

5. Shaw B, Nagy C, Fountain MT. Organic control strategies for use in IPM of invertebrate pests in apple and pear orchards. Insects: electronic scientific journal [Internet]. 2021 [cited 2022 Mar 30];12(12): Article 1106. Available from: https://www.mdpi.com/2075-4450/12/12/1106. doi: 10.3390/insects12121106.

6. Krupke CH, Roitberg BD, Judd GJR. Field and laboratory responses of male codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to a pheromone-based attract-and-kill strategy. Environmental Entomology. 2002;31:189-97. doi: 10.1603/0046-225X-31.2.189.

7. Vaello T, Casas JL, Pineda A, et al. Olfactory response of the predatory bug Orius laevigatus (Hemiptera:Anthocoridae) to the aggregation pheromone of its prey, Frankliniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae). Environmental Entomology. 2017;46(5):1115-9. doi: 10.1093/ee/nvx141.

8. Hosseini M, Mehrparvar M, Zytynska SE, et al. Aphid alarm pheromone alters larval behaviour of the predatory gall midge, Aphidoletes aphidimyza and decreases intraguild predation by anthocorid bug, Orius laevigatus. Bulletin of Entomological Research. 2021;111(4):445-53. doi: 10.1017/S0007485321000122.

9. Agas'eva IS, Ismailov VYa, Nastasii AS, et al. [Development of methods for the use of pheromone materials for monitoring and controlling the abundance of apple phytophages]. Sadovodstvo i vinogradorstvo. 2021;(2):47-53. Russian. doi: 10.31676/0235-2591-2021-2-47-53.

10. Li X, Geng S, Zhang Z, et al. Species-specific aggregation pheromones contribute to coexistence in two closely related thrips species. Bulletin of Entomological Research. 2019;109(1):119-26. doi: 10.1017/S0007485318000366.

11. Wang FM, Shen ZJ, Schal C, et al. Pheromone antagonism in Plutella xylostella (Linnaeus) by sex pheromones of two sympatric noctuid moths. Pest Management Science. 2022;78(1):379-87. doi: 10.1002/ps.6651.

12. Roelofs WL, Comeau A, Selle R. Sex pheromone of the oriental fruit moth. Nature. 1969;224(5220):723.

13. Ammagarahalli B, Chianella L, Gomes P, et al. Role of plant volatiles and hetero-specific pheromone components in the wind tunnel response of male Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae) to modified sex pheromone blends. Bulletin of entomological research. 2017;107(5):573-82.

14. Evenden ML, McClaughlin JR. Male Oriental fruit moth response to a combined pheromone-based attracticide formulation targeting both Oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic Entomology. 2005;98(2):317-25.

15. Knight A, Cichon L, Fuentes-Contreras E, et al. Monitoring oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with combinations of pheromones and kairomones. Journal of Applied Entomology. 2014;138(10):783-94.

16. Pastarnak IN, Pachkin AA, Agas'eva IS, et al. [Study of the chemical communication of apple phytophages at the intra- and interspecific levels]. Nauka Kubani. 2014;(1):48-53. Russian.

17. Brunner JF, Gut LJ, Knight AL. Transition of apple and pear orchards to a pheromone-based pest management system. Journal of economic entomology. 1994;93(3):169-75.

18. Giorgi F, Lionello P. Climate change projections for the Mediterranean region. Global and Planetary Change. 2008;63(2-3):90-104. doi: 1016/j.gloplacha.2007.09.005.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_45
УДК 579.64

Скрининг новых штаммов вируса гранулёза в отношении большой восковой моли *Galleria mellonella**

А. А. ЦЫГИЧКО, А. М. АСАТУРОВА
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью определения возможности использования *Galleria mellonella* в качестве тест-объекта для скрининга штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки из Биоресурсной коллекции Федерального научного центра биологической защиты растений в 2020–2021 гг. Инокуляцию на искусственную питательную среду осуществляли поверхностным методом. При наработке вирусной биомассы гусениц *C. pomonella* содержали при температуре воздуха 26 °С и влажности 70 %, *G. mellonella* – соответственно 30 °С и 70 %. В процессе исследований осуществляли поиск в тканях насекомых гранул, образовавшихся в результате жизнедеятельности вирусов, и сравнительный анализ их размеров. Диаметр гранул в организме *C. pomonella* составил 0,62…2,19 мкм, они имели типичную округлую форму. Гранулы в организме *G. mellonella* обнаружены в меньшем количестве, диаметр 0,38…1,34 мкм (на 0,2 мкм меньше нормы), при этом они имели неправильную форму. У всех исследуемых насекомых наблюдали сходство проявлений патологического процесса вироза (разжижение внутренних тканей и органов, изменение цвета кожных покровов). При оценке сезонной активности биологическим эталоном служил «Мадекс Твин, СК». Условия содержания насекомых: температура воздуха 30 °С, влажность 70 %. Проводили сравнение данных, полученных в летний и зимний периоды. В летний период биологическая эффективность исследуемых штаммов была выше в 2 раза, чем в зимний. Выделены наиболее перспективные штаммы вируса гранулёза по критерию биологической эффективности в отношении большой восковой моли: BZR GV 5, BZR GV 10, BZR GV 14, BZR GV L-7.
Ключевые слова: энтомопатогенные вирусы, биоинсектицид, энтомопатогенная активность, вирус гранулёза *Cydia pomonella,* яблонная плодожорка (*Cydia pomonella*), большая восковая моль (*Galleria mellonella*).
Сведения об авторах: А. А. Цыгичко, аспирант (e-mail: 23612361@inbox.ru); А. М. Асатурова, кандидат биологических наук, зав. лабораторией.
Для цитирования: Цыгичко А. А., Асатурова А. М. Скрининг новых штаммов вируса гранулёза в отношении большой восковой моли *Galleria mellonella* // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 45–52. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_45.

**исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0005.*

Screening of new strains of granulosis virus against the greater wax moth *Galleria mellonella*

A. A. Tsygichko, A. M. Asaturova
Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The studies aimed to determine the possibility of using *Galleria mellonella* as a test object for screening strains of codling moth granulosis virus from the Bioresource Collection of the Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection in 2020-2021. Inoculation on an artificial nutrient medium was carried out by the surface method. During the development of viral biomass, *C. pomonella* caterpillars were kept at an air temperature of 26 C and a humidity of 70%, while *G. mellonella* caterpillars were kept at 30 C and 70%, respectively. During the research we searched for granules in the tissues of insects, which were formed as a result of the viruses' vital activity, and conducted a comparative analysis of their size. The diameter of the granules in the body of *C. pomonella* was 0.62-2.19 um and they had a typical rounded shape. Granules in the body of *G. mellonella* were found in smaller quantities. Their diameter was 0.38-1.34 um (0.2 um less than the standard), and they had an irregular shape. All studied insects had similar manifestations of the virosis pathological process (rarefaction of internal tissues and organs, skin discoloration). 'Madex Twin, SK' served as a biological standard during the evaluation of seasonal activity. Conditions for keeping insects were the following: air temperature was 30 C, humidity was 70%. Data obtained in summer and winter periods were compared. In summer, the biological efficiency of the studied strains was 2 times higher than in winter. The most promising strains of granulosis virus were identified according to the criterion of biological effectiveness against the greater wax moth: BZR GV 5, BZR GV 10, BZR GV 14, BZR GV L-7.
Keywords: entomopathogenic viruses; bioinsecticide; entomopathogenic activity; granulosis virus *Cydia pomonella*; codling moth *(Cydia pomonella)*; greater wax moth *(Galleria mellonella).*
Author Details: A. A. Tsygichko, post graduate student (e-mail: 23612361@inbox.ru); A. M. Asaturova, D. Sc. (Biol.), head of laboratory.
For citation: Tsygichko AA, Asaturova AM. [Screening of new strains of granulosis virus against the greater wax moth *Galleria mellonella*]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):45-52. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_45.

Одна из основных проблем в сельском хозяйстве – снижение урожая вследствие повреждений насекомыми-вредителями [1, 2]. На территории Краснодарского края располагается около 18,5 тыс. га садов яблони, что делает его одним из лидеров в РФ в этой области [3]. Для таких насаждений особую опасность представляет *Cydia pomonella*, L., 1758 контроль численности которой осуществляют с использованием различных средств защиты растений (СЗР) химической и биологической природы [4]. Следует учитывать, что применение инсектицидов химической природы может вызывать гибель не только целевых насекомых, но и полезной энтомофауны, что в свою очередь приводит к снижению концентрации насекомых-опылителей и насекомых-энтомофагов. Биологические инсектициды действуют избирательно, сокращая численность вредителей по мере необходимости и поддерживая их естественный баланс [5]. Особый интерес представляют СЗР на основе энтомопатогенных вирусов, которые при научно обоснованном применении экологически безопасны и высокоэффективны [5, 6]. Эффективность вирусных препаратов против яблонной плодожорки

может достигать 95...97 %. Из преимуществ биоинсектицидов на основе бакуловирусов можно выделить малый расход и длительное сохранение активности вне организма насекомого-хозяина даже при неблагоприятных внешних условиях благодаря наличию оболочки [7, 8].

Вирусные инсектициды используют повсеместно во всём мире. Например, в штате Вашингтон вирус гранулёза *C. pomonella* применяли на 13 % насаждений яблони [9]. В Китае в качестве инсектицида против *Helicoverpa armigera*, Hubner, 1805 использовали вируса ядерного полиэроза на 200...300 тыс. га хлопчатника [10].

В США против яблонной плодожорки распространены вирусные препараты Элькар (NPV), Вирон-Н (NPV), Биотрол-VHZ (NPV), CYD-X (CpGV) [11], в странах ЕС – Мадекс Твин (CpGV isolat V22), Мадекс Про (CpGV isolat V15), Мадекс Топ (CpGV isolate V15 [SC]) [12]. В Латинской Америке применяют бакуловирусные препараты АгроРока С.А. (CpGV), Карповирус Плюс (CpGV) [13]. В РФ для борьбы с *C. pomonella* разрешены к использованию зарубежные биопрепараты Мадекс Твин, СК (CpGV isolat V22) и Карповирусин, СК (CpGV isolat M) [14]. Следует отметить, что на сегодняшний день отсутствуют зарегистрированные российские биоинсектициды на основе энтомопатогенных вирусов.

Несмотря на высокие показатели эффективности, некоторые авторы в своих исследованиях указывают на факт формирования резистентности у яблонной плодожорки к СЗР на основе штаммов вируса гранулёза *C. pomonella* [15, 16]. Один из способов решения этой проблемы – поиск новых высокоэффективных штаммов.

Ключевым этапом скрининга считают оценку активности энтомопатогенных бакуловирусов, для которой многие исследователи осуществляют наработку вирусной биомассы, поскольку при первичном выделении штаммов из окружающей среды вирусного материала для проведения эксперимента не достаточно [15, 17, 18]. Для этого в качестве насекомого-биореактора используют целевой объект, так как вирусы относят к облигатным паразитам, которые обладают специфичным действием по отношению к конкретным вредителям. При этом наблюдают типичную внешнюю симптоматику протекания вироза и достигают высокой продуктивности вируса [19].

В некоторых случаях, когда использование целевого объекта трудоёмко или не представляется возможным, а энтомопатогенный штамм способен размножаться в клетках других насекомых для наработки биомассы вирусов используют близкородственные виды. Например, для размножения вируса ядерного полиэдроза CrpeNPV, целевой объект которого *Cryptophlebia peltastica*, Meyrick, 1921, использовали гусениц лабораторной популяции *C. pomonella* [20, 21, 22]. Groner A. и Knauf W. оформили патент на технологию увеличения биомассы вируса гранулёза *C. pomonella* (CpGV) без потери активности с использованием в качестве насекомого-накопителя других представителей семейства Tortricidae [23]. Есть сведения о воздействии вируса полиэдроза *Microplitis demolitor*, Wilkinson, 1934 (отряд Hymenoptera) на гемоциты *Pseudoplusia includens*, Walker, 1858 (отряд Lepidoptera) [24].

Наиболее распространенный насекомый тест-объект в лабораторных исследованиях, в том числе по оценке энтомопатогенной активности, – *Galleria mellonella*, L., 1758. Её способность инициировать защитную реакцию и уникальный метаболитный состав гемолимфы позволяют не только определять степень вирулентности того или иного патогена, но и производить антимикробные пептиды [25, 26].

Стоит указать, что у большой восковой моли, как практически у всех живых объектов в течение года, наблюдают колебания в активности. Наиболее активны поведенческие реакции и метаболические процессы в организме насекомых в летний период, наименее – в зимний [27]. Данных о сезонной активности бакуловирусов насекомых в целом и вирусов гранулёза яблонной плодожорки в частности обнаружено не было. Однако в ряде исследований авторы указывают на зависимость риновирусов, коронавирусов, аденовирусов, вирусов гриппа A, B, RSV и HMPV от метеорологических условий и сезона [28, 29]. Именно поэтому при планировании эксперимента немаловажен фактор сезонности.

Цель исследования – изучение новых штаммов вируса гранулёза *C. pomonella*, перспективных для создания на их основе биологических инсектицидов.

Для ее достижения определяли воспроизводимость штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки на целевом насекомом и тест-объекте *G. mellonella*, а также сезонную энтомопатогенную активность штаммов в отношении большой восковой моли.

Условия, материалы и методы. Работу проводили в 2020–2021 гг. на базе лаборатории микробиологической защиты растений Федерального научного центра биологической защиты растений (ФНЦБЗР) с использованием материально-технической базы УНУ «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» (*https://ckp-rf.ru/usu/671367/*). Разведение насекомых осуществляли в лаборатории химической коммуникации и массового разведения насекомых и лаборатории государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений. Объектами исследования были 22 штамма энтомопатогенных вирусов гранулёза яблонной плодожорки из биоресурсной коллекции «Государственная коллеция энтомоакарифагов и полезных микроорганизмов: микроорганизмы» ФГБНУ ФНЦБЗР (БРК ФГБНУ ФНЦБЗР).

В качестве тест-объекта для наработки биомассы и оценки активности штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки использовали лабораторную популяцию большой восковой моли *G. mellonella* 3... 5 возраста. Разведение насекомых производили в термостате при температуре 30 ˚С и относительной влажности воздуха 70 % [30]. Гусениц содержали на 0,5 кг искусственной питательной среды (ИПС) [31].

В процессе разведения насекомых помещали в стеклянные банки с ИПС и сверху закрывали салфетками бязи. После вылета бабочек, их спаривания и откладки яиц инфицированную гусеницами питательную среду перекладывали в тазы с объёмом среды 200 г. По достижению гусеницами 3...5 возраста их извлекали из среды для дальнейших экспериментов.

В качестве целевого объекта для наработки вирусной биомассы и оценки воспроизводимости штаммов вируса гранулёза в тканях насекомых использовали природную популяцию гусениц яблонной плодожорки 2...4 возраста. Их сбор осуществляли в яблоневом саду ФНЦБЗР (г. Краснодар). С 2010 г. агротехнические и защитные мероприятия на территории сада не проводили.

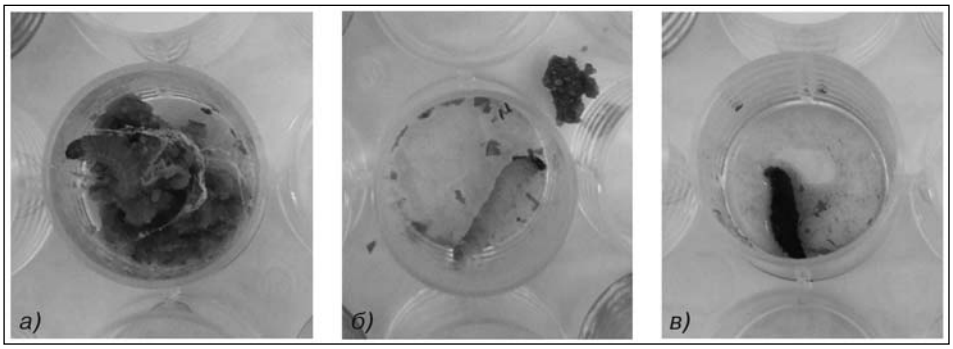


Рис. 1. Симптомы вироза у гусениц природной популяции яблонной плодожорки *C. pomonella*, обработанных суспензией на основе вируса гранулёза на примере штамма BZR GV 14, на 10 сутки инкубации: а) контроль (стерильная вода); б) изменение цвета кутикулы у гусеницы яблонной плодожорки; в) гомогенизация внутренних тканей и органов гусеницы яблонной плодожорки.

Для сбора активных гусениц *C. pomonella* плоды яблонь разрезали ножом вдоль так, чтобы не повредить насекомое, питающееся в семенной камере. Затем их извлекали и помещали в чашки Петри (ЧП) [32]. Для кормления гусениц яблонной плодожорки использовали ИПС Митрофанова (1 кг): солодовые ростки – 54 г, пшеничные отруби – 45 г, кукурузная мука – 45 г, соевая мука – 40 г, агар-агар – 18 г, аскорбиновая кислота – 5,4 г, сорбиновая кислота – 0,8 г, лимонная кислота – 4,5 г, вода – 784,3 г [33].

Наработку вирусной биомассы осуществляли следующим образом. Часть жидкой культуры суспендировали в 10 мл дистиллированной воды. Полученный раствор наносили поверхностным методом на ИПС и скармливали насекомым. Гусениц большой восковой моли помещали по 5 шт. в 1 ЧП с добавлением 5 г ИПС и 3 мл исследуемого раствора и содержали в климатической камере при 30 °С и относительной влажности воздуха 70 %. Гусениц яблонной плодожорки размещали индивидуализировано в лунки 24-х секционных планшетов, при этом предварительно в лунку помещали 1 г ИПС, обработанную 0,3 мл раствора, и содержали при температуре воздуха 26 °С и относительной влажности 70 % [34, 35].

Ткани насекомых с выраженными признаками патологического процесса исследовали на наличие гранул вируса гранулёза, а также проводили их замер. Измерение и документирование изображений выполняли с использованием светового микроскопа Carl Zeiss и компьютерных программ ZEN 2012, AxioVision Rel. 4.8.

Для получения вирусной суспензии собирали погибших насекомых, измельчали с добавлением 50 мл дистиллированной воды, фильтровали и помещали в центрифужную пробирку. Полученную жидкость центрифугировали при 8000 об/мин в течение 30 мин. После этого надосадочную жидкость сливали, а осадок ресуспендировали в 30…40 мл дистиллированной воды. Подсчет титра вирусной суспензии осуществляли с использованием камеры Горяева при увеличении ×400 на световом микроскопе Carl Zeiss Axio Scope A1 [34, 35].

Для содержания насекомых в эксперименте по оценке сезонной энтомопатогенной активности штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР в отношении гусениц лабораторной популяции *G. mellonella* использовали пластиковые ЧП. Насекомых раскладывали по 5 шт. в ЧП. Титр вирусных суспензий исследуемых штаммов составлял не менее 1×10^7 гранул/мл. В качестве биологического эталона использовали коммерческий препарат Мадекс Твин, СК, титр рабочего раствора которого составлял не менее 3×10^8 гранул/мл.

ИПС Митрофанова раскладывали в стаканы, обрабатывали либо вирусной суспензией, либо рабочим раствором эталона, либо дистиллированной водой (контроль) и перемешивали. Обработку проводили из расчета 5 г ИПС + 3 мл исследуемого раствора/5 гусениц/ЧП. Затем ИПС раскладывали в ЧП с гусеницами и инкубировали при температуре воздуха 28…30 °С и относительной влажности 70…80 % [30, 36].

Сезонную активность штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР оценивали по критерию агрессивности, который относят к количественному признаку степени патогенности штамма, способности вызывать патологические процессы, который может варьировать в зависимости от различных условий [37]. Опыт был заложен в летний (июнь–июль, 2020 г.) и зимний (декабрь, 2021 г.) периоды.

Учет гибели насекомых проводили на 0, 3, 5, 7 и 10 сутки после обработки. Гусеницу считали мертвой при отсутствии реакции на внешние раздражители. При оценке активности штаммов вирусов в летний период использовали по 50 особей в двукратной повторности; зимой – по 15 особей в трехкратной повторности [38].

Математическую обработку данных осуществляли с использованием распространенных компьютерных программ (Microsoft Excel). Достоверность различий с контролем рассчитывали в программе Statistica 10 по критерию Дункана. Оценку энтомопатогенной активности штаммов вируса гранулёза из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР проводили с использованием критерия биологической эффективности Хендерсона и Тилтона, который учитывает изменения численности как в опытном, так и в контрольном варианте [2].

Результаты и обсуждение. В процессе наработки вирусной биомассы на природной популяции *C. pomonella* и лабораторной популяции *G. mellonella*

Рис. 2. Симптомы вироза у гусениц лабораторной популяции большой восковой моли *G. melonella*, обработанных суспензией на основе вируса гранулёза на примере штамма BZR GV 14, на 10 сутки инкубации: а) контроль (стерильная вода); б) изменение цвета кутикулы у гусеницы большой восковой моли; в) гомогенизация внутренних тканей и органов гусеницы большой восковой моли.

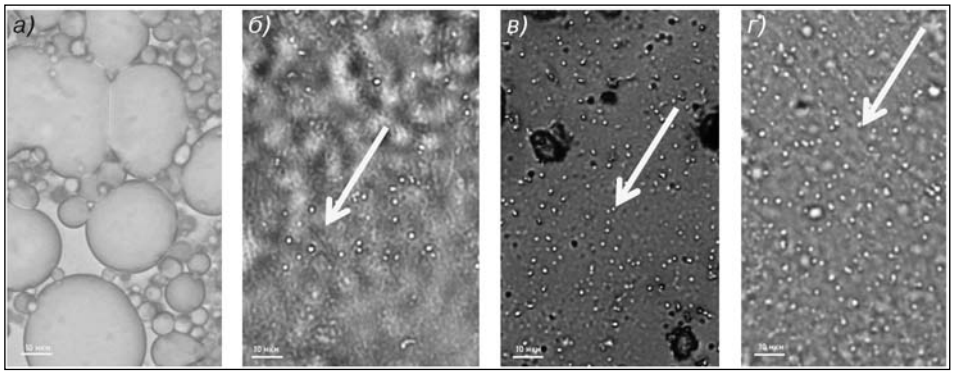


Рис. 3. Гранулы вируса гранулёза в тканях природной популяции гусениц яблонной плодожорки *C. pomonella*: а) контроль (здоровое насекомое); б) вариант на примере штамма BZR GV 10; в) вариант на примере штамма BZR GV 14; г) вариант на примере штамма BZR GV L-7.

осуществляли осмотр насекомых на наличие внешних признаков вироза. При визуальной оценке погибших насекомых были обнаружены типичные симптомы бакуловирусной инфекции. У гусениц яблонной плодожорки отмечали ярко выраженное истончение и бледный окрас кутикулы, разжижение внутренних тканей и органов (рис. 1). У гусениц большой восковой моли наблюдали признаки вироза (изменение цвета кожных покровов, некроз тканей, разжижение внутренних органов) схожие с аналогичными у целевого насекомого (рис. 2).

При сравнении внешних симптомов проявления патологического процесса у гусениц природной популяции *C. pomonella* и лабораторной популяции *G. melonella* обнаружено их сходство, которое проявлялось в изменении цвета внешних покровов, а также в разрушении и гомогенизации внутренних органов.

В процессе микроскопии тканей природной популяции яблонной плодожорки, погибшей от вирусной инфекции, были выявлены типичные включения вируса гранулёза, что свидетельствует о принадлежности изучаемых штаммов к семейству Baculoviridae. Диаметр вирусных гранул составлял 0,62...2,19 мкм (рис. 3).

При микроскопии тканей лабораторной популяции большой восковой моли, погибшей от вирусной инфекции, так же были выявлены включения вируса гранулёза. Однако они имели неправильную форму, в отличие от округлых гранул, образованных в организме целевого насекомого, и отмечены в меньшем количестве. Их диаметр варьировал от 0,38 мкм до 1,34 мкм (рис. 4).

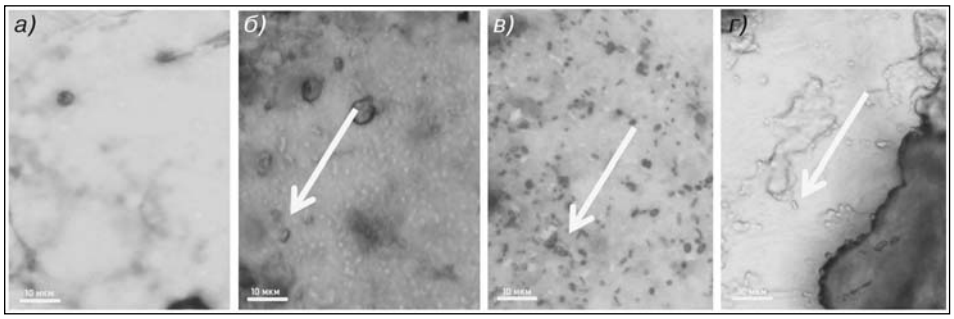


Рис. 4. Гранулы вируса гранулёза в тканях лабораторной популяции гусениц большой восковой моли *G. melonella*: а) контроль (здоровое насекомое); б) вариант на примере штамма BZR GV 10; в) вариант на примере штамма BZR GV 14; г) вариант на примере штамма BZR GV L-7.

Значительных различий в диаметре исследуемых включений в зависимости от штамма не отмечали. Размер гранул исследуемых штаммов, обнаруженных в организмах гусениц *C. pomonella* и *G. melonella*, входит в размерную группу вируса гранулёза – 0,2...3 мкм [20, 39]. При этом диаметр гранул, сформированных в тканях яблонной плодожорки, был на 0,2 мкм больше, чем в тканях большой восковой моли, что может свидетельствовать о

Таблица 1. **Биологическая эффективность штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки *C. pomonella* из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР в отношении лабораторной популяции *G. melonella* (июнь–июль, 2020 г.)**

Штамм	Живые насекомые, шт.				БЭ, %			
	3 сут.	5 сут.	7 сут.	10 сут.	3 сут.	5 сут.	7 сут.	10 сут.
BZR GV 1	44,5^{abc*}	44,0^{bcd}	31,0^{abc}	19,0^{abc}	11,0	4,3	22,5	52,5
BZR GV 2	49,0^{cd}	49,0^{d}	42,0^{bc}	41,0^{de}	2,0	0	0	0
BZR GV 3	50,0^{d}	49,0^{d}	45,0^{c}	39,0^{de}	0	0	0	2,5
BZR GV 4	50,0^{d}	47,0^{cd}	30,0^{abc}	30,0^{abcde}	0,0	30,4	25,0	25,0
BZR GV 5	48,0^{cd}	47,0^{cd}	30,0^{abc}	25,0^{abcd}	4,0	0	25,0	37,5
BZR GV 6	50,0^{d}	47,0^{cd}	39,0^{bc}	31,0^{abcde}	0	0	2,5	22,5
BZR GV 7	50,0^{d}	40,0^{bc}	39,0^{bc}	35,0^{bcde}	0	13,0	2,5	12,5
BZR GV 8	50,0^{d}	42,0^{bcd}	42,0^{bc}	36,0^{cde}	0	8,7	0	10,0
BZR GV 9	50,0^{d}	48,0^{cd}	44,0^{bc}	42,0^{de}	0	0	0	0
BZR GV 10	49,0^{cd}	48,0^{cd}	29,0^{ab}	15,0^{a}	2,0	0	27,5	62,5
BZR GV 11	49,0^{cd}	43,5^{bcd}	30,0^{abc}	28,0^{abcde}	0	5,4	25,0	30,0
BZR GV 12	46,0^{bcd}	42,0^{bcd}	42,0^{bc}	32,0^{cde}	6,0	9,8	0	5,0
BZR GV 13	50,0^{d}	48,0^{cd}	43,0^{bc}	32,0^{abcde}	0	0	0	20,0
BZR GV 14	45,0^{abcd}	42,0^{bcd}	33,0^{abc}	29,0^{abcde}	17,0	20,7	10,0	20,0
BZR GV L-1	46,0^{bcd}	41,0^{bcd}	31,0^{abc}	29,0^{abcde}	8,0	10,9	0	2,5
BZR GV L-2	48,0^{cd}	45,0^{bcd}	40,0^{bc}	38,0^{cde}	4,0	2,2	0	5,0
BZR GV L-3	41,0^{a}	38,0^{b}	36,0^{bc}	35,0^{bcde}	18,0	17,4	10,0	12,5
BZR GV L-4	50,0^{d}	45,0^{bcd}	37,0^{bc}	36,0^{cde}	0	2,2	7,5	10,0
BZR GV L-5	49,0^{cd}	45,0^{bcd}	45,0^{c}	45,0^{e}	2,0	2,2	0	0
BZR GV L-6	47,0^{bcd}	43,0^{bcd}	40,0^{bc}	37,0^{abc}	6,0	6,5	0	7,5
BZR GV L-7	43,0^{ab}	29,0^{a}	19,0^{a}	16,0^{ab}	14,0	37,0	52,5	60,0
BZR GV L-8	49,0^{cd}	44,0^{bcd}	41,0^{bc}	39,0^{de}	2,0	4,3	0	2,5
Мадекс Твин, СК (эталон)	47,0^{bcd}	43,0^{bcd}	42,0^{bc}	37,0^{cde}	6,0	6,5	0	7,5
Контроль	50,0^{d}	46,0^{bcd}	40,0^{bc}	40,0^{de}	–	–	–	–

**достоверно отличающиеся значения помечены буквами, отличными от контроля.*

Таблица 2. **Биологическая эффективность штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки *C. pomonella* из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР в отношении лабораторной популяции *G. melonella* (декабрь, 2021 г.)**

Штамм	Живые насекомые, шт.				БЭ, %			
	3 сут.	5 сут.	7 сут.	10 сут.	3 сут.	5 сут.	7 сут.	10 сут.
BZR GV 1	15,0 b*	15,0 ab	15,0 bc	14,7 c	0	0	0	0
BZR GV 2	15,0 b	14,7 ab	14,7 bc	14,3 bc	0	0	0	2,3
BZR GV 3	15,0 b	14,3 ab	13,7 abc	12,3 abc	0	2,3	6,8	15,9
BZR GV 4	14,0 ab	13,0 ab	13,0 abc	12,7 abc	6,7	11,4	11,4	13,6
BZR GV 5	15,0 b	13,7 ab	13,3 abc	12,3 abc	0	6,8	9,1	15,9
BZR GV 6	15,0 b	14,3 ab	13,7 abc	13,7 abc	0	2,3	6,8	6,8
BZR GV 7	15,0 b	14,7 ab	14,0 bc	13,7 abc	0	0	4,5	6,8
BZR GV 8	14,7 b	13,0 ab	12,3 ab	12,3 abc	2,2	11,4	15,9	15,9
BZR GV 9	14,7 b	13,3 ab	13,3 abc	13,3 abc	2,2	9,1	9,1	9,1
BZR GV 10	14,3 ab	13,3 ab	13,0 abc	12,7 abc	4,4	9,1	11,4	13,6
BZR GV 11	14,3 ab	14,3 ab	13,7 abc	13,3 abc	4,4	2,3	6,8	9,1
BZR GV 12	15,0 b	14,7 ab	14,7 bc	14,7 c	0	0	0	0
BZR GV 13	14,3 ab	13,3 ab	12,3 ab	12,3 abc	4,4	9,1	15,9	15,9
BZR GV 14	14,3 b	13,3 ab	13,0 abc	12,0 abc	4,4	9,1	11,4	18,2
BZR GV L-1	14,3 ab	12,7 a	11,3 a	11,3 a	4,4	13,6	22,7	22,7
BZR GV L-2	15,0 b	14,3 ab	13,3 abc	12,3 abc	0	2,3	9,1	15,9
BZR GV L-3	14,3 ab	14,0 ab	13,7 abc	13,3 abc	4,4	4,5	6,8	9,1
BZR GV L-4	15,0 b	14,3 ab	13,7 abc	13,7 abc	0	2,3	6,8	6,8
BZR GV L-5	14,7 b	14,3 ab	14,0 bc	13,3 abc	2,2	2,3	4,5	9,1
BZR GV L-6	15,0 b	14,7 ab	14,7 bc	14,3 bc	0	0	0	2,3
BZR GV L-7	13,3 a	12,7 ab	13,0 abc	11,7 ab	11,1	11,4	11,4	20,5
BZR GV L-8	14,7 b	14,7 ab	14,7 bc	14,7 c	2,2	0	0	0
Мадекс Твин, СК (эталон)	15,0 b	15,0 b	14,3 bc	14,0 abc	0	0	2,3	4,5
Контроль	15,0 b	14,7 b	14,7 bc	14,7 c	–	–	–	–

**достоверно отличающиеся значения помечены буквами, отличными от контроля.*

специфике используемых штаммов вируса гранулёза. Необходимо отметить, что способность формировать гранулы в организме насекомого-хозяина – характерный признак бакуловирусов [20]. Таким образом, воспроизводство и наработка биомассы вирусов гранулёза яблонной плодожорки из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР возможны не только с использованием природной популяции целевого насекомого, но и лабораторной популяции большой восковой моли.

При оценке сезонной активности титр вирусных суспензий составил не менее 1×10^7 гранул/мл. По данным, полученным в летний период, все исследуемые штаммы условно разделили в зависимости от показателей биологической эффективности (БЭ) на три группы. В первую включили 14 штаммов (БЭ 0…20 %), во вторую группу – 5 штаммов (БЭ 20…50 %) и в третью – 3 штамма (БЭ 50 % и выше). Наиболее активными оказались штаммы BZR GV 1, BZR GV 10 и BZR GV L -7. Их биологическая эффективность на 10 сутки достигла 52 %, 62,5 % и 60 % соответственно. Эффективность штаммов BZR GV 5, BZR GV 6, BZR GV 11, BZR GV 13 BZR GV 14 в отношении *G. mellonella* составила 0…25 % на 7 сутки, 19,4…37,5 % – на 10 сутки эксперимента. Штамм BZR GV 9 не показал энтомопатогенной активности в отношении тест-объекта. Достоверные различия с контролем отмечены в вариантах с применением суспензий на основе штаммов BZR GV 1(БЭ на 10 сутки 52,5 %), BZR GV 10 (БЭ на 10 сутки 62,5 %) и BZR GV L – 7 (БЭ на 10 сутки 60,0 %), БЭ которых была выше, чем у штаммов из первой и второй групп, на 25,0…62,5 % (табл. 1).

По данным за зимний период в первую группу было включено 12 штаммов (БЭ 0…10 %), во вторую – 7 штаммов (БЭ 10…16 %), в третью – 3 штамма (БЭ 16 % и выше). Наибольшую биологическую эффективность продемонстрировали штаммы BZR GV 14, BZR GV L-7 и BZR GV L-1, которая на 10 сутки составила 18,2 %, 20,5 % и 22,7 % соответственно. Эффективность штаммов BZR GV 4, BZR GV 13, BZR GV 14, BZR GV L-7 в отношении *G. mellonella* на 7 сутки составила 11,4…15,9 %, на 10 сутки – 13,6…20,5 %. Штаммы BZR GV 1 и BZR GV 12 не демонстрировали энтомопатогенной активности в отношении тест-объекта.

В вариантах с применением суспензий на основе штаммов BZR GV L – 1 (БЭ на 10 сутки 22,7 %) и BZR GV L – 7 (БЭ на 10 сутки 20,5 %), которые включены в группу наиболее эффективных, отмечены достоверные различия с контролем. БЭ при их использовании была выше, чем у вирусов из первой и второй групп, на 6,8…22,7 % (табл. 2).

Эффективность эталонного препарата, как в летний, так и в зимний периоды исследований составила всего 4,5…7,5 % на 10 сутки. Это можно объяснить тем, что большая восковая моль не насекомое-мишень для штамма-продуцента препарата Мадекс Твин СК (см. табл. 1, 2).

В целом, наиболее перспективны следующие штаммы вируса гранулёза, обладающие максимальной энтомопатогенной активностью: BZR GV 10, BZR GV 5, BZR GV 14, BZR GV L-7. В летний период энтомопатогенная активность штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР в отношении большой восковой моли *G. melonella* в среднем выше в 2 раза, чем в зимний период. Это можно объяснить наличием сезонных ритмов активности у насекомого тест-объекта и/или у исследуемых штаммов, что подтверждают литературные данные [27, 29].

Выводы. Выявлена способность к воспроизводству гранул вируса гранулёза из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР у гусениц природной популяции яблонной плодожорки *C. pomonella* с типичными проявлениями патологического процесса вироза насекомых. Гусеницы из лабораторной популяции БРК ФГБНУ ФНЦБЗР большой восковой моли *G. mellonella* способны воспроизводить гранулы вируса гранулёза с проявлениями патологического процесса вироза, схожими с таковыми у целевого вида. Бакуловирусные гранулы, образованные в теле тест-объекта *G. mellonella* имели неправильную форму и меньший диаметр, в среднем на 2 мкм, что обусловлено спецификой штаммов.

Биологическая эффективность штаммов вируса гранулёза яблонной плодожорки *C. pomonella* из БРК ФГБНУ ФНЦБЗР в отношении большой восковой моли *G. mellonella* в летний период среднем в 2 раза выше, чем в зимний. В процессе скрининга выделены наиболее перспективные штаммы вируса гранулёза, обладающие максимальной энтомопатогенной активностью в отношении большой восковой моли: BZR GV 5, BZR GV 10, BZR GV 14, BZR GV L-7, биологическая эффективность которых в летний период варьировала от 20,0 % до 62,5 %, в зимний – от 13,6 % до 20,5 %.

Литература.

1. Entomopathogenic viruses and bacteria for insect-pest control / C. S. Kalha, P. P. Singh, S. S. Kang, et al. // Integrated pest management. Academic Press, 2014. P. 225–244. doi: 10.1016/B978-0-12-398529-3.00013-0.

2. Долженко Т. В. Бактериальные инсектоакарициды для защиты растений: изучение и перспективы применения // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. Т. 3. № 160. С. 50–62. doi: 10.36305/2712-7788-2021-3-160-50-62.

3. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. В Краснодарском крае собран рекордный за последние 30 лет урожай яблок. URL: http://mcx.ru/press-service/regions/uchastok-raboty-dlya-vas-ne-novyy-vy-mnogo-let-prorabotali-v-etoy-otrasli-v-poslednie-gody-priobreli/ (дата обращения: 07.05.2019).

4. Парахин Н. В. Современное садоводство России и перспективы развития отрасли // Современное садоводство. 2013. Т. 2. № 6. С. 114–122.

5. Биологический контроль численности яблонной плодожорки на основе энтомопатогенных микроорганизмов (обзор) / Е. Ю. Бондарчук, А. М. Асатурова, Н. С. Томашевич и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 53–66. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11108.

6. Стынгач А. Использование энтомопатогенного бакуловирусного препарата для биологического контроля вредителя в республике Молдова // Аграрная наука. 2019. № 2. С. 142–144. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-142-144.

7. Долженко Т. В., Долженко В. И. Инсектициды на основе энтомопатогенных вирусов // Агрохимия. 2017. № 4. С. 26–33.

8. Бондарчук Е. Ю., Цыгичко А. А., Асатурова А. М. Методические подходы к оценке энтомопатогенной активности микроорганизмов в отношении насекомых-вредителей in vitro (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3 (27). С. 20–24. doi: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-20-34.

9. Srivastava K. P., Dhaliwal G. S. A textbook of applied entomology // Concepts in Pest Management. 2012. Vol. 1. P. 175–201.

10. Rohrmann G. F. Baculovirus molecular biology. Bethesda: National Center for Biotechnology Information. 3d ed. 2013. 78 p.

11. Pesticide registration manual. URL: https://www.epa.gov/pesticide-registration/pesticide-registration-manual (дата обращения: 17.04.2022).

12. Agrihem bio products for pest control. URL: https://agrichembio.com/en/categoria-producto/products-for-pest-control/ (дата обращения: 10.04.2020).

13. Haase S., Sciocco-Cap A., Romanowski V. Baculovirus insecticides in Latin America: Historical overview, current status and future perspectives // Viruses. 2015. Vol. 7. No. 5. P. 2230–2267. doi: 10.3390/v7052230.

14. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. М.: МСХ РФ, 2021. С. 9–160.

15. Third type of resistance to Cydia pomonella granulovirus in codling moths shows a mixed z-linked and autosomal inheritance pattern / A. J. Sauer, S. Schulze-Bopp, E. Fritsch, et al. // Applied and Environmental Microbiology. 2017. Vol. 83. No. 17. URL: https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.01036-17 (дата обращения: 10.04.2020). doi:10.1128/aem.01036-17.

16. Cross-resistance of the codling moth against different isolates of Cydia pomonella granulovirus is caused by two different but genetically linked resistance mechanisms / A. J. Sauer, E. Fritsch, K. Undorf-Spahn, et al. // Viruses. 2021. Vol. 13. No. 10. Article 1952. URL: https://www.mdpi.com/1999-4915/13/10/1952/htm (дата обращения 11.02.2022). doi: 10.3390/v13101952.

17. Novel resistance to Cydia pomonella granulovirus (CpGV) in codling moth shows autosomal and dominant inheritance and confers cross-resistance to different CpGV genome groups / A. J. Sauer, E. Fritsch, K. Undorf-Spahn, et al. // PLOS One. 2017. Vol. 12. No. 6. Article e0179157. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0179157 (дата обращения 27.01.2022). doi: 10.1371/journal.pone.017915.

18. Importance of the host phenotype on the preservation of the genetic diversity in codling moth granulovirus / B. Graillot, C. Blachere-Lopez, M. Besse Siegwart, et al. // Viruses. 2019. Vol. 11. No. 7. Article 621. URL: https://www.mdpi.com/1999-4915/11/7/621 (дата обращения 27.01.2022). doi: 10.3390/v11070621.

19. Fan J., Wennmann J., Jehle J. Partial loss of inheritable type I resistance of codling moth to Cydia pomonella granulovirus // Viruses. 2019. Vol. 11. No. 6. Article 570. URL: https://www.mdpi.com/1999-4915/11/6/570 (дата обращения: 19.05.2020). doi: 10.3390/v11060570.

20. Rohrmann G. F., Erlandson M. A., Theilmann D. A. Genome sequence of an alphabaculovirus isolated from Choristoneura murinana // Genome Announc. 2014. Vol. 2. No. 1. URL: https://journals.asm.org/doi/10.1128/genomeA.01135-13 (дата обращения: 19.05.2020). doi: 10.1128/genomeA.01135-13.

21. Cryptophlebia peltastica nucleopolyhedrovirus is highly infectious to codling moth larvae and cells / J. T. Wennmann, M. Eigenbrod, T. Marsberg, et al. // Applied and Environmental Microbiology. 2019. Vol. 85. No. 17. URL: https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.00795-19 (дата обращения: 19.05.2020). doi: 10.1128/aem.00795-19.

22. CpGV-M replication in type I resistant insects: Helper virus and order of ingestion are important / A. Hinsberger, C. Blachere-Lopez Knox, S. Moore, et al. // Viruses. 2021. Vol. 13. Article 1695. URL: https://www.mdpi.com/1999-4915/13/9/1695 (дата обращения: 19.01.2022). doi: 10.3390/v13091695.

23. Groner A., Knauf W. Process for growing granulosis viruses // Patent CA No. 1291056, 22.10.1991.

24. Strand M. R., Johnson J. A. Characterization of monoclonal antibodies to hemocytes of Pseudoplusia includens // Journal of Insect Physiology. 1996. Vol. 42. No. 1. P. 21–31. doi: 10.1016/0022-1910(95)00079-8.

25. Tsai C. J.-Y., Loh J. M. S., Proft T. Galleria mellonella infection models for the study of bacterial diseases and for antimicrobial drug testing // Virulence. 2016. Vol. 7. No. 3. P. 214–229. doi: 10.1080/21505594.2015.113528

26. Killiny N. Generous hosts: Why the larvae of greater wax moth, Galleria mellonella is a perfect infectious host model? // Virulence. 2018. Vol. 9. No. 1. P. 860–865. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21505594.2018.1454172 (дата обращения: 19.01.2022). doi: 10.1080/21505594.2018.14541.

27. Lalita Y. K., Sunita Y. Seasonal incidence of Greater wax moth, Galleria mellonella Linnaeus in Apis mellifera colonies in ecological condition of Hisar // Journal of Entomology and Zoology Studies. 2018. Vol. 6. No. 1. P. 790–795.

28. Shaw Stewart P. D. Seasonality and selective trends in viral acute respiratory tract infections // Medical Hypotheses. 2016. Vol. 86. P. 104–119. doi: 10.1016/j.mehy.2015.11.005.

29. Price R. H. M., Graham C., Ramalingam S. Association between viral seasonality and meteorological factors // Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Article 929. URL: https://www.nature.com/articles/s41598-018-37481-y (дата обращения: 19.01.2022). doi: 10.1038/s41598-018-37481-y.

30. Осокина А. С., Колбина Л. М., Гущин А. В. Биологические основы разведения большой восковой моли (Galleria mellonella L.) как источника биологически активных веществ: Монография. Ижевск: Издательство Анны Зелениной, 2019. 166 с.

31. Исмаилов В. Я., Ширинян Ж. А., Квасенков О. И. Способ разведения Galleria mellonella L. // Патент РФ № 2001131302/13, 20.10.2003.

32. Голуб В. Б., Цуриков М. Н., Прокин А. А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 339 с.

33. Митрофанов В. Б. Гранулез яблонной плодожорки Laspeyresia pomonella L.: дис…канд. биол. наук. Ленинград, 1976. 182 с.

34. Wan N.-F., Jiang J.-X., Li B. Effect of host plants on the infectivity of nucleopolyhedrovirus to Spodoptera exigua larvae // Journal of Applied Entomology. 2016. Vol. 140. No. 8. P. 636–644. doi: 10.1111/jen.1229.

35. Characterization of a Betabaculovirus from the fall webworm, Hyphantria cunea Drury. (Lepidoptera: Erebidae), in Turkey / Z. Bayramoglu, R. Nalcacioglu, Z. Demirbag, et al. // Biocontrol Science and Technology. 2018. Vol. 28. No. 12. P. 1178–1190. doi: 10.1080/09583157.2018.1520197.

36. Contributions of cellular and humoral immunity of Galleria mellonella larvae in defence against oral infection by Bacillus thuringiensis / E. V. Grizanova, I. M. Dubovskiy, M. M. A. Whitten, et al. // Journal of Invertebrate Pathology. 2014. Vol. 119. P. 40–46. doi: 10.1016/j.jip.2014.04.003.

37. Тырышкин Л. Г., Мишенькина О. Г., Захаров В. Г. Влияние факторов внешней среды на вирулентность и агрессивность возбудителя корончатой ржавчины овса // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 82–86.

38. Методы оценки экологической безопасности пестицидов при использовании их в интегрированной защите растений / В. Н. Буров, С. Л. Тютерев, Г. И. Сухорученко и др. СПб: ВИЗР, РАСХН, 1995. 14 с.

39. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: справочник. Определение гранул вируса гранулеза яблонной плодожорки на растительных объектах иммунофлюоресцентным методом / В. И. Касьяненко, В. И. Трусов, В. Л. Васильева и др. М.: Агропромиздат, 1992. 416 с.

References

1. Kalha CS, Singh PP, Kang SS, et al. Entomopathogenic viruses and bacteria for insect-pest control. In: Abrol DP, editor. Integrated pest management. [place unknown]: Academic Press; 2014. p. 225-44. doi: 10.1016/b978-0-12-398529-3.0.

2. Dolzhenko TV. [Bacterial insectoacaricides for plant protection: Study and prospects for application]. Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriya, innovatsii. 2021;3(160):50-62. Russian. doi: 10.36305/2712-7788-2021-3-160-50-62.

3. Ministerstvo sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii [Ministry of Agriculture of the Russian Federation] [Internet]. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation; 2017-2022. [A record harvest of apples over the past 30 years has been harvested in the Krasnodar Territory]; 2018 Dec 11 [cited 2019 May 7]; [about 2 screens]. Available from: http://mcx.ru/press-service/regions/uchastok-raboty-dlya-vas-ne-novyy-vy-mnogo-let-prorabotali-v-etoy-otrasli-v-poslednie-gody-priobreli/. Russian.

4. Parakhin NV. [Modern horticulture in Russia and prospects for the development of the industry]. Sovremennoe sadovodstvo. 2013;2(6):114-22. Russian.

5. Bondarchuk EYu, Asaturova AM, Tomashevich NS, et al. [Biological control of the population of apple codling moth based on entomopathogenic microorganisms (review)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020;34(11):53-66. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11108.

6. Styngach A. [The use of an entomopathogenic baculovirus preparation for the biological control of a pest in the Republic of Moldova]. Agrarnaya nauka. 2019;(2):142-4. Russian. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-142-144.

7. Dolzhenko TV, Dolzhenko VI. [Insecticides based on entomopathogenic viruses]. Agrokhimiya. 2017;(4):26-33. Russian.

8. Bondarchuk EYu, Tsygichko AA, Asaturova AM. [Methodological approaches to the assessment of the entomopathogenic activity of microorganisms against insect pests in vitro (review)]. Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2021;(3):20-4. Russian. doi: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-20-34.

9. Srivastava KP, Dhaliwal GS. A textbook of applied entomology. Concepts in Pest Management. 2012;1:175-201.

10. Rohrmann GF. Baculovirus molecular biology. 3d ed. Bethesda: National Center for Biotechnology Information; 2013. 78 p.

11. Pesticide registration manual [Internet]. USA: EPA; 2022 Feb [cited 2022 Apr 17]. Available from: https://www.epa.gov/pesticide-registration/pesticide-registration-manual.

12. Agrichembio [Internet]. Madrid: Agrichem. Agrihem bio products for pest control; [cited 2022 Apr 10]. Available from: https://agrichembio.com/en/categoria-producto/products-for-pest-control/.

13. Haase S, Sciocco-Cap A, Romanowski V. Baculovirus insecticides in Latin America: Historical overview, current status and future perspectives. Viruses. 2015;7(5):2230-67. doi: 10.3390/v7052230.

14. Gosudarstvennyi katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiiskoi Federatsii [State catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation]. Pt I. Moscow: MSKh RF; 2021. p. 9-160. Russian.

15. Sauer AJ, Schulze-Bopp S, Fritsch E, et al. Third type of resistance to Cydia pomonella granulovirus in codling moths shows a mixed z-linked and autosomal inheritance pattern. Applied and Environmental Microbiology [Internet]. 2017 [cited 2020 Apr 10];83(17). Available from: https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.01036-17. doi:10.1128/aem.01036-17.

16. Sauer AJ, Fritsch E, Undorf-Spahn K, et al. Cross-resistance of the codling moth against different isolates of Cydia pomonella granulovirus is caused by two different but genetically linked resistance mechanisms. Viruses [Internet]. 2021 [cited 2022 Feb 11];13(10): Article 1952. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4915/13/10/1952/htm. doi: 10.3390/v13101952.

17. Sauer AJ, Fritsch E, Undorf-Spahn K, et al. Novel resistance to Cydia pomonella granulovirus (CpGV) in codling moth shows autosomal and dominant inheritance and confers cross-resistance to different CpGV genome groups. PLOS One [Internet]. 2017 [cited 2022 Jan 27];12(6): Article e0179157. Available from: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0179157. doi: 10.1371/journal.pone.017915.

18. Graillot B, Blachere-Lopez C, Besse Siegwart M, et al. Importance of the host phenotype on the preservation of the genetic diversity in codling moth granulovirus. Viruses [Internet]. 2019 [cited 2022 Jan 27];11(7): Article 621. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4915/11/7/621. doi: 10.3390/v11070621.

19. Fan J, Wennmann J, Jehle J. Partial loss of inheritable type I resistance of codling moth to Cydia pomonella granulovirus. Viruses [Internet]. 2019 [cited 2020 May 19];11(6): Article 570. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4915/11/6/570. doi: 10.3390/v11060570.

20. Rohrmann GF, Erlandson MA, Theilmann DA. Genome sequence of an alphabaculovirus isolated from Choristoneura murinana. Genome Announc [Internet]. 2014 [cited 2020 May 19];2(1). Available from: https://journals.asm.org/doi/10.1128/genomeA.01135-13. doi: 10.1128/genomeA.01135-13.

21. Wennmann JT, Eigenbrod M, Marsberg T, et al. Cryptophlebia peltastica nucleopolyhedrovirus is highly infectious to codling moth larvae and cells. Applied and Environmental Microbiology [Internet]. 2019 [cited 2020 May 19];85(17). Available from: https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.00795-19. doi: 10.1128/aem.00795-19.

22. Hinsberger A, Blachere-Lopez Knox C, Moore S, et al. CpGV-M replication in type I resistant insects: Helper virus and order of ingestion are important. Viruses [Internet]. 2021 [cited 2022 Jan 19];13: Article 1695. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4915/13/9/1695. doi: 10.3390/v13091695.

23. Groner A, Knauf W. Process for growing granulosis viruses. Canadian patent CA 1291056, 1991 Oct 22.

24. Strand MR, Johnson JA. Characterization of monoclonal antibodies to hemocytes of Pseudoplusia includens. Journal of Insect Physiology. 1996;42(1):21-31. doi: 10.1016/0022-1910(95)00079-8.

25. Tsai CJ-Y, Loh JMS, Proft T. Galleria mellonella infection models for the study of bacterial diseases and for antimicrobial drug testing. Virulence. 2016;7(3):214-29. doi: 10.1080/21505594.2015.113528.

26. Killiny N. Generous hosts: Why the larvae of greater wax moth, Galleria mellonella is a perfect infectious host model? Virulence [Internet]. 2018 [cited 2022 Jan 19];9(1):860-5. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21505594.2018.1454172. doi: 10.1080/21505594.2018.14541.

27. Lalita YK, Sunita Y. Seasonal incidence of Greater wax moth, Galleria mellonella Linnaeus in Apis mellifera colonies in ecological condition of Hisar. Journal of Entomology and Zoology Studies. 2018;6(1):790-5.

28. Shaw Stewart PD. Seasonality and selective trends in viral acute respiratory tract infections. Medical Hypotheses. 2016;86:104-19. doi: 10.1016/j.mehy.2015.11.005.

29. Price RHM, Graham C, Ramalingam S. Association between viral seasonality and meteorological factors. Scientific Reports [Internet]. 2019 [cited 2022 Jan 19];9: Article 929. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-018-37481-y. doi: 10.1038/s41598-018-37481-y.

30. Osokina AS, Kolbina LM, Gushchin AV. Biologicheskie osnovy razvedeniya bol'shoi voskovoi moli (Galleria mellonella L.) kak istochnika biologicheski aktivnykh veshchestv: Monografiya [Biological bases of cultivation of the great wax moth (Galleria mellonella L.) as a source of biologically active substances: Monograph]. Izhevsk (Russia): Izdatel'stvo Anny Zeleninoi; 2019. 166 p. Russian.

31. Ismailov VYa, Shirinyan ZhA, Kvasenkov OI. Sposob razvedeniya Galleria mellonella L. [How to breed Galleria mellonella L.]. Russian Federation patent RU 2001131302/13; 2003 Oct 20. Russian.

32. Golub VB, Tsurikov MN, Prokin AA. Kollektsii nasekomykh: sbor, obrabotka i khranenie materiala [Collections of insects: Collection, processing and storage of material]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdanii KMK; 2012. 339 p. Russian.

33. Mitrofanov VB. Granulez yablonnoi plodozhorki Laspeyresia pomonella L. [Granulosis of the codling moth Laspeyresia pomonella L.] [dissertation]. Leningrad (Russia): [place unknown]; 1976. 182 p. Russian.

34. Wan N-F, Jiang J-X, Li B. Effect of host plants on the infectivity of nucleopolyhedrovirus to Spodoptera exigua larvae. Journal of Applied Entomology. 2016;140(8):636-44. doi: 10.1111/jen.1229.

35. Bayramoglu Z, Nalcacioglu R, Demirbag Z, et al. Characterization of a Betabaculovirus from the fall webworm, Hyphantria cunea Drury. (Lepidoptera: Erebidae), in Turkey. Biocontrol Science and Technology. 2018;28(12):1178-90. doi: 10.1080/09583157.2018.1520197.

36. Grizanova EV, Dubovskiy IM, M. Whitten MA, et al. Contributions of cellular and humoral immunity of Galleria mellonella larvae in defence against oral infection by Bacillus thuringiensis. Journal of Invertebrate Pathology. 2014;119:40-6. doi: 10.1016/j.jip.2014.04.003.

37. Tyryshkin LG, Mishen'kina OG, Zakharov VG. [Influence of environmental factors on the virulence and aggressiveness of the pathogen of oat crown rust]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016;(42):82-6. Russian.

38. Burov VN, Tyuterev SL, Sukhoruchenko GI, et al. Metody otsenki ekologicheskoi bezopasnosti pestitsidov pri ispol'zovanii ikh v integrirovannoi zashchite rastenii [Methods for assessing the environmental safety of pesticides when using them in integrated plant protection]. St. Petersburg (Russia): VIZR, RASKhN; 1995. 14 p. Russian.

39. Kas'yanenko VI, Trusov VI, Vasil'eva VL, et al. Metody opredeleniya mikrokolichestv pestitsidov v produktakh pitaniya, kormakh i vneshnei srede: spravochnik. Opredelenie granul virusa granuleza yablonnoi plodozhorki na rastitel'nykh ob"ektakh immunoflyuorestsentnym metodom [Methods for determining microquantities of pesticides in food, feed and environment: a handbook. Determination of codling moth granulosis virus granules on plant objects by immunofluorescent method]. Moscow: Agropromizdat; 1992. 416 p. Russian.

ВНИМАНИЮ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ И ДРУГИХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ!

Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК» издает монографии

и другую книжную продукцию с редактированием и всеми выходными данными.

Цены договорные.

Заявки отправлять по адресу: 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 166.

Тел.: (963) 758-48-44. E-mail: agroapk@mail.ru

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_53
УДК. 632.937

Скрининг штаммов бактерий по критерию энтомопатогенной активности в отношении *Galleria mellonella* L. и *Tenebrio molitor* L.*

Е. Ю. ГЫРНЕЦ (БОНДАРЧУК), А. М. АСАТУРОВА
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью скрининга и изучения штаммов бактерий, перспективных в качестве потенциальных биоагентов в отношении *G. mellonella* L. и *T. molitor* L. Изучали штаммы бактерий из биоресурсной коллекции Федерального научного центра биологической защиты растений «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов: микроорганизмы». Скрининг осуществляли по критерию энтомопатогенной активности в 2019–2022 гг. Исследуемые штаммы были выделены в различных стациях Краснодарского и Ставропольского края. Изучение штаммов бактерий *in vitro* проводили на лабораторных популяциях большой восковой моли *Galleria mellonella* L. и большого мучного хрущака *Tenebrio molitor* L., которые широко используют в качестве тест-объектов при исследовании энтомопатогенной активности. В опытах насекомых рассаживали в чашки Петри на искусственную питательную среду, предварительно обработанную бактериальной суспензией. Чашки Петри с *G. mellonella* L. и личинками *T. molitor* L. содержали при температуре +25…28 ºС и относительной влажности воздуха 60…80 %. В результате скрининга из 106 исследуемых штаммов бактерий высокую энтомопатогенную активность по отношению к большой восковой моли *G. mellonella* L. проявили 7 штаммов, эффективность которых на третьи сутки составила 65…95 %; на пятые сутки – 83…95 %. В отношении большого мучного хрущака *T. molitor* L. тестировали 35 штаммов бактерий, в результате было выявлено 8 наиболее эффективных: смертность личинок на третьи сутки отмечена в диапазоне 72…98 %; на пятые сутки – 81…99 %. Тестируемые штаммы бактерий не оказывают негативного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы озимой, а также не вызывают увядания проростков. Результаты проведенных исследований подтвердили потенциальную перспективность изученных штаммов бактерий в качестве агентов биологического контроля экономически значимых насекомых вредителей сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: биологическая защита растений, энтомопатогенные микроорганизмы, коллекция микроорганизмов, бактерии, скрининг, фитотоксичность.

Сведения об авторах: Е. Ю. Гырнец (Бондарчук), аспирант (e-mail: alena_fox95@mail.ru); А. М. Асатурова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник.

Для цитирования: Гырнец (Бондарчук) Е. Ю., Асатурова А. М. Скрининг штаммов бактерий по критерию энтомопатогенной активности в отношении *Galleria mellonella* L. и *Tenebrio molitor* L. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 53–60. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_53.

**исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0005.*

Screening of bacterial strains on the criterion of entomopathogenic activity against *Galleria mellonella* L. and *Tenebrio molitor* L.

E. Yu. Gyrnets (Bondarchuk), A. M. Asaturova
Federal Scientific Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The studies aimed to screen and study bacterial strains promising as bioagents against *G. mellonella* L. and *T. molitor* L. Bacterial strains from the bioresource collection of the Federal Scientific Center for Biological Plant Protection “State Collection of Entomoacariphages and Microorganisms: Microorganisms” were studied. Screening was carried out on the criterion of entomopathogenic activity in 2019–2022. The studied strains were isolated in various habitats in the Krasnodar and Stavropol Territories. The study of bacterial strains *in vitro* was carried out in laboratory populations of the greater wax moth *Galleria mellonella* L. and the large flour beetle *Tenebrio molitor* L., which are widely used as test objects in the study of entomopathogenic activity. In the experiments, insects were placed in Petri dishes on an artificial nutrient medium pretreated with a bacterial suspension. Petri dishes with *G. mellonella* L. and *T. molitor* L. larvae were kept at a temperature of 25-28 C and relative air humidity of 60-80%. As a result of screening, 7 of 106 studied bacteria strains showed high entomopathogenic activity against the greater wax moth *G. mellonella* L., the effectiveness of which on the third day was 65-95%; on the fifth day – 83-95%. Regarding the large flour beetle *T. molitor* L., 35 bacterial strains were tested. As a result, 8 most effective ones were identified: the mortality of larvae on the third day was noted in the range of 72–98%; on the fifth day – 81-99%. The tested bacterial strains neither adversely affect the germination energy and germination of winter wheat seeds nor cause seedlings to wilt. The results of the studies confirmed the potential prospects of the studied bacterial strains as agents of biological control of economically valuable insect pests of crops.

Keywords: biological protection of plants; entomopathogenic microorganisms; collection of microorganisms; bacteria; screening; phytotoxicity.

Author Details: E. Y. Gyrnets (Bondarchuk), post graduate student, junior research fellow (e-mail: alena_fox95@mail.ru); A. M. Asaturova, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow.

For citation: Gyrnets (Bondarchuk) EYu, Asaturova AM. [Screening of bacterial strains on the criterion of entomopathogenic activity against *Galleria mellonella* L. and *Tenebrio molitor* L.]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):53-60. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_53.

С самого зарождения сельского хозяйства фитофаги снижали урожайность, а фермеры искали различные способы защиты посевов культур от вредителей. Изначально борьба в значительной степени зависела от ручной или механической прополки и ручного сбора личинок насекомых. На современном этапе в основном используют химические пестициды, которые обладают высокой эффективностью. К сожалению, их чрезмерное применение вызвало ряд серьезных проблем, угрожающих окружающей среде и здоровью человека [1, 2]. К примеру, хлорорганические препараты были запрещены Стокгольмской конвенцией много лет назад, однако их остаточные количества до сих пор присутствует в окружающей среде, что вызывает общественное беспокойство [3, 4, 5].

Главным образом это происходит из-за интенсивного использования пестицидов до введения ограничений, высокой степени персистентности в экосистемах, незаконного применения в некоторых странах и импорта из государств, где они не запрещены [6, 7, 8]. Длительное воздействие хлорорганических веществ оказало пагубное последействие на здоровье людей, включая неврологические и репродуктивные расстройства, ожирение, диабет и рак [9, 10].

Таблица 1. **Энтомопатогенная активность штаммов бактерий в отношении большой восковой моли *G. mellonella* L.**

Вариант	КОЕ/мл	Количество гусениц большой восковой моли, шт.			Биологическая эффективность, %	
		до обработки	после обработки, сут			
			3	5	3	5
дата закладки опыта – 04. 04.2019 г.						
BZR G1	$(2,2\pm0,4)\times10^{7}$	50	50^{a*}	49^{ab}	0	0
BZR G2	$(2,9\pm0,2)\times10^{7}$	50	47,7^{a}	47,3^{ab}	2,7	2,7
BZR G3	$(4,1\pm0,1)\times10^{9}$	50	50^{a}	49,3^{b}	0	0
Контроль	–	50	49^{a}	48,7^{gab}	–	–
дата закладки опыта – 12.07.2019 г.						
BZR 936	$(2,2\pm0,7)\times10^{8}$	50	5,3^{a}	2,6^{a}	89,2	94,4
BZR 1159	$(6,0\pm0,1)\times10^{9}$	50	3,3^{a}	2,3^{a}	93,2	95,1
BZR 277	$(8,6\pm0,3)\times10^{7}$	50	8,3^{ab}	16,7^{ab}	65,0	83,1
BZR 920	$(3,0\pm0,3)\times10^{7}$	50	5,7^{a}	4,3^{a}	88,5	90,9
BZR 588	$(2,0\pm0,3)\times10^{10}$	50	2,3^{a}	0^{a}	95,3	95,1
BZR 926	$(1,8\pm0,1)\times10^{9}$	50	14,3^{b}	7,7^{ab}	70,9	83,9
BZR 206	$(2,3\pm3,9)\times10^{10}$	50	3,3^{a}	2,7^{a}	93,2	94,4
Контроль	–	50	49,3^{c}	47,7^{c}	–	–
дата закладки опыта – 02.08.2019 г.						
BZR 335	$(6,0\pm0,1)\times10^{7}$	50	42,3^{a}	32^{a}	14,8	35,1
BZR 386	$(10,0\pm0,2)\times10^{9}$	50	41,6^{a}	36^{ab}	16,1	27,0
BZR 385	$(5,5\pm0,1)\times10^{9}$	50	43,3^{a}	33,7^{ab}	12,8	31,8
BZR 486	$(8,7\pm0,1)\times10^{8}$	50	45^{a}	37,3^{ab}	9,4	24,3
BZR 466	$(2,8\pm0,1)\times10^{10}$	50	28,3^{b}	15^{c}	43,0	69,6
Контроль	–	50	49,7^{a}	49,3^{d}	–	–
дата закладки опыта – 23.08.2019 г.						
BZR 762	$(1,4\pm0,1)\times10^{10}$	50	43,7^{a}	37,3^{a}	11,8	24,6
BZR 162	$(8,8\pm0,1)\times10^{9}$	50	46,6^{a}	44,3^{a}	5,7	10,4
Контроль	–	50	49,5^{a}	49,5^{b}	–	–
дата закладки опыта – 30.08.2019 г.						
BZR 736	$(3,0\pm0,6)\times10^{8}$	50	42,3^{a}	34,3^{a}	13,6	15,1
BZR 785	$(9,3\pm0,1)\times10^{9}$	50	46^{a}	44^{a}	14,3	29,5
BZR 635	$(1,4\pm0,1)\times10^{9}$	50	43,8^{a}	42,3^{a}	6,1	9,6
BZR 278	$(3,8\pm0,4)\times10^{10}$	50	47,3^{a}	45,3^{a}	7,5	13,0
Контроль	–	50	49^{a}	48,7^{a}	–	–
дата закладки опыта – 20.09.2019 г.						
BZR 647	$(5,8\pm0,3)\times10^{9}$	50	50^{a}	43^{a}	0	7,9
BZR 673	$(6,7\pm0,1)\times10^{8}$	50	49,3^{a}	46,3^{a}	0	0,7
Контроль	–	50	49,3^{a}	46,3^{a}	–	–
дата закладки опыта – 04.10.2019 г.						
BZR 610	$(5,8\pm0,4)\times10^{8}$	50	41,3^{a}	39^{ab}	15,1	18,5
BZR 517	$(5,3\pm0,1)\times10^{8}$	50	46^{a}	45,7^{ab}	5,5	6,2
BZR 336g	$(7,5\pm0,1)\times10^{8}$	50	48^{a}	48^{b}	1,4	1,4
Контроль	–	50	48,6^{a}	48,6^{b}	–	–
дата закладки опыта 16.11.2020						
BZR 164	$(5,30\pm0,7)\times10^{8}$	50	47,3^{abc}	45,0^{ab}	2,7	6,9
BZR 172	$(6,63\pm0,1)\times10^{7}$	50	47,7^{ac}	45,3^{ab}	2,1	6,2
BZR 193	$(5,07\pm0,1)\times10^{7}$	50	47,3^{ac}	45,3^{ab}	2,7	6,2
BZR 196	$(7,47\pm0,8)\times10^{8}$	50	47,3^{abc}	44,7^{ab}	2,7	7,6
BZR 967	$(5,30\pm0,1)\times10^{8}$	50	42,0^{d}	31,7^{c}	13,7	34,5
BZR 968	$(6,57\pm0,1)\times10^{9}$	50	44,3^{bd}	35,0^{c}	8,9	27,6
BZR 204	$(5,47\pm0,1)\times10^{9}$	50	49,0^{a}	46,3^{ab}	0	4,1
BZR 207	$(6,63\pm0,2)\times10^{9}$	50	44,7^{bcd}	41,3^{a}	8,2	14,5
BZR 209	$(6,30\pm0,2)\times10^{8}$	50	49,7^{a}	46,3^{ab}	0	4,1
BZR 210	$(7,33\pm0,1)\times10^{8}$	50	49,0^{a}	45,3^{ab}	0	6,2
Контроль	–	50	48,7^{a}	48,3^{b}	–	–
дата закладки опыта 22.03.2020						
BZR 220	$(5,57\pm1,0)\times10^{8}$	50	49,3^{cde}	46,3^{cd}	0,7	6,1
BZR 255	$(5,03\pm0,9)\times10^{8}$	50	47,3^{e}	46,3^{cd}	4,7	6,1
BZR 264	$(2,10\pm0,7)\times10^{9}$	50	45,7^{bc}	43,0^{cd}	8,1	12,8
BZR 1004	$(5,00\pm1,0)\times10^{9}$	50	41,0^{a}	38,0^{a}	17,4	23,0
BZR 266	$(5,33\pm0,8)\times10^{9}$	50	47,3^{cde}	44,3^{a}	4,7	10,1
BZR 290	$(6,30\pm0,8)\times10^{10}$	50	47,3^{cde}	46,7^{cd}	4,7	5,4
BZR 1108	$(1,40\pm0,1)\times10^{9}$	50	43,3^{ab}	33,0^{a}	12,8	33,1
BZR 1126	$(1,60\pm0,2)\times10^{10}$	50	42,0^{a}	31,0^{a}	15,4	37,2
BZR 387	$(7,13\pm0,1)\times10^{10}$	50	46,3^{cd}	47,7^{cd}	6,7	3,4
BZR 388	$(3,97\pm0,5)\times10^{9}$	50	48,3^{cde}	43,7^{cd}	2,7	11,5
BZR 468	$(3,50\pm0,5)\times10^{8}$	50	49,0^{de}	48,3^{cd}	1,3	2,0
BZR 470	$(7,53\pm0,5)\times10^{9}$	50	47,7^{cde}	47,0^{cd}	4,0	4,7
Контроль		50	49,7^{e}	49,3^{d}	–	–
дата закладки опыта 15.02.2021						
BZR 265	$(5,33\pm0,1)\times10^{9}$	50	47,7^{ab}	44,3^{a}	3,4	7,6
BZR 201	$(5,23\pm0,7)\times10^{8}$	50	48,7^{ab}	45,3^{a}	1,4	5,6

Окончание табл. 1

Вариант	КОЕ/мл	Количество гусениц большой восковой моли, шт.			Биологическая эффективность, %	
		до обработки	после обработки, сут			
			3	5	3	5
BZR 203	$(7,30\pm0,1)\times10^{8}$	50	$48,7^{ab}$	$47,3^{a}$	1,4	1,4
BZR 1092	$(5,17\pm0,1)\times10^{8}$	50	$43,7^{cd}$	$32,7^{b}$	11,5	31,9
BZR 1098	$(5,03\pm0,7)\times10^{9}$	50	$40,7^{c}$	$34,3^{b}$	17,6	28,5
BZR 1107	$(7,63\pm0,4)\times10^{10}$	50	$43,3^{cd}$	$26,7^{c}$	12,2	44,4
BZR 291	$(7,40\pm0,2)\times10^{7}$	50	$48,7^{ab}$	$47,3^{a}$	1,4	1,4
BZR 319	$(8,17\pm0,7)\times10^{9}$	50	$45,3^{a}$	$42,7^{a}$	8,1	11,1
Контроль		50	$49,3^{b}$	$48,0^{a}$	–	–
дата закладки опыта 17.05.2021						
BZR 820	$(4,83\pm0,5)\times10^{10}$	50	$47,0^{a}$	$44,3^{a}$	3,4	7,0
BZR 823	$(3,40\pm0,3)\times10^{9}$	50	$48,3^{a}$	$44,7^{a}$	0,7	6,3
BZR 916	$(4,40\pm0,6)\times10^{9}$	50	$47,7^{a}$	$44,0^{aa}$	2,1	7,7
BZR 934	$(5,27\pm1,1)\times10^{8}$	50	$48,3^{a}$	$43,7^{a}$	0,7	8,4
BZR 935	$(6,90\pm0,5)\times10^{9}$	50	$48,0^{a}$	$47,7^{a}$	1,4	0
BZR 937	$(4,50\pm0,6)\times10^{9}$	50	$47,3^{a}$	$44,0^{a}$	2,7	7,7
BZR 953	$(3,90\pm0,4)\times10^{9}$	50	$40,7^{b}$	$28,0^{b}$	16,4	41,3
Контроль		50	$48,7^{a}$	$47,7^{a}$	–	–
дата закладки опыта 16.03.2021						
BZR 489	$(5,60\pm2,3)\times10^{10}$	50	$47,3^{ab}$	$45,3^{ab}$	4,7	5,6
BZR 497	$(4,60\pm0,7)\times10^{10}$	50	$46,3^{ab}$	$44,7^{ab}$	6,7	6,9
BZR 519	$(4,53\pm0,9)\times10^{8}$	50	$46,0^{a}$	$44,7^{ab}$	7,4	6,9
BZR 527	$(4,40\pm0,8)\times10^{8}$	50	$48,0^{ab}$	$45,0^{ab}$	3,4	6,3
BZR 533	$(4,27\pm0,6)\times10^{9}$	50	$48,7^{ab}$	$47,0^{b}$	2,0	2,1
BZR 580	$(4,00\pm0,9)\times10^{8}$	50	$48,7^{ab}$	$47,7^{b}$	2,0	0,7
BZR 609	$(4,63\pm0,2)\times10^{9}$	50	$48,0^{ab}$	$46,0^{ab}$	3,4	4,2
BZR 629	$(4,50\pm0,3)\times10^{10}$	50	$48,0^{ab}$	$45,7^{ab}$	3,4	4,9
BZR 637	$(4,87\pm0,3)\times10^{8}$	50	$47,3^{ab}$	$45,0^{ab}$	4,7	6,3
BZR 676	$(5,37\pm2,3)\times10^{8}$	50	$48,7^{ab}$	$44,7^{ab}$	2,0	6,9
BZR 687	$(7,37\pm2,0)\times10^{9}$	50	$45,7^{a}$	$41,7^{a}$	8,1	13,2
BZR 689	$(7,37\pm2,3)\times10^{9}$	50	$48,0^{ab}$	$45,7^{ab}$	3,4	4,9
BZR 704	$(5,43\pm2,2)\times10^{9}$	50	$46,0^{a}$	$45,3^{ab}$	7,4	5,6
BZR 721	$(8,00\pm1,0)\times10^{9}$	50	$47,0^{ab}$	$44,3^{ab}$	5,4	7,6
BZR 745	$(4,47\pm0,8)\times10^{10}$	50	$48,0^{ab}$	$44,0^{ab}$	3,4	8,3
Контроль		50	$49,7^{b}$	$48,0^{b}$	–	–
дата закладки опыта 07.06.2021						
BZR 77	$(1,2\pm0,2)\times10^{10}$	50	$36,3^{c}$	$29,7^{d}$	25,3	38,6
BZR 57	$(1,1\pm0,1)\times10^{9}$	50	$45,3^{ab}$	$44,3^{ae}$	6,8	8,3
BZR 4	$(8,6\pm0,6)\times10^{9}$	50	$45,3^{ab}$	$41,7^{a}$	6,8	13,8
BZR 824	$(0,6\pm0,1)\times10^{10}$	50	$42,7^{a}$	$39,3^{abc}$	12,3	18,6
BZR 653	$(1,2\pm0,1)\times10^{10}$	50	$44,3^{ab}$	$34,0^{bd}$	8,9	29,7
BZR 28	$(2,8\pm0,5)\times10^{10}$	50	$44,3^{ab}$	$35,0^{bcd}$	8,9	27,6
BZR 717	$(1,1\pm0,3)\times10^{9}$	50	$46,0^{ab}$	$39,3^{abc}$	5,5	18,6
BZR 1	$(8,1\pm0,7)\times10^{9}$	50	$45,0^{ab}$	$40,3^{ac}$	7,5	16,6
BZR 654	$(3,1\pm0,5)\times10^{10}$	50	$46,7^{ab}$	$42,3^{a}$	4,1	12,4
Контроль	–	50	$48,7^{b}$	$48,3^{e}$	–	–
дата закладки опыта 08.02.2021						
BZR 645	$(11,3\pm0,8)\times10^{9}$	50	$49,7^{a}$	$48,7^{a}$	0	2,0
BZR 646	$(16,5\pm0,7)\times10^{9}$	50	$50,0^{a}$	$49,0^{a}$	0	1,3
BZR 473	$(5,0\pm0,1)\times10^{8}$	50	$49,0^{ab}$	$46,0^{c}$	1,3	7,4
BZR 630	$(1,3\pm0,3)\times10^{9}$	50	$47,7^{b}$	$38,0^{b}$	4,0	23,5
BZR 647	$(1,8\pm0,3)\times10^{8}$	50	$50,0^{a}$	$49,0^{a}$	0	1,3
Контроль	–	50	$49,7^{a}$	$49,7^{a}$	–	–
дата закладки опыта 31.08.2019						
BZR 644	$(2,0\pm0,1)\times10^{8}$	50	$44,3^{a}$	$42,3^{a}$	9,5	13,6
BZR 643	$(3,5\pm0,5)\times10^{8}$	50	$46,7^{ab}$	$41,0^{a}$	4,8	16,3
BZR 630	$(1,9\pm0,5)\times10^{8}$	50	$44,0^{a}$	$40,7^{a}$	10,2	17,0
BZR 636	$(2,1\pm0,2)\times10^{8}$	50	$46,3^{ab}$	$44,3^{ab}$	5,4	9,5
BZR 967	$(2,0\pm0,1)\times10^{6}$	50	$45,7^{ab}$	$43,0^{a}$	6,8	12,2
Контроль	–	50	$49,0^{b}$	$49,0^{b}$	–	–
дата закладки опыта 09.03.2021						
BZR 418	$(12,0\pm0,6)\times10^{7}$	50	$48,0^{a}$	$47,0^{a}$	2,7	4,08
BZR 619	$(2,3\pm0,3)\times10^{9}$	50	$49,0^{ab}$	$48,0^{a}$	0,7	2,0
BZR 615	$(11,1\pm0,7)\times10^{9}$	50	$48,3^{ab}$	$47,7^{a}$	2,0	2,72
BZR 659	$(26,0\pm2,6)\times10^{9}$	50	$48,7^{ab}$	$48,0^{a}$	1,3	2,0
BZR 658	$(3,5\pm0,2)\times10^{9}$	50	$49,7^{b}$	$48,7^{a}$	0	0,7
BZR 462	$(4,3\pm0,4)\times10^{7}$	50	$49,7^{b}$	$49,3^{a}$	0	0
BZR 644	$(3,9\pm0,9)\times10^{9}$	50	$49,0^{ab}$	$48,7^{a}$	0,7	0,7
BZR 643	$(8,6\pm0,4)\times10^{8}$	50	$49,3^{ab}$	$48,3^{a}$	0	1,4
BZR 457	$(2,3\pm0,1)\times10^{9}$	50	$48,0^{a}$	$46,7^{a}$	2,7	4,76
BZR 458	$(0,8\pm0,1)\times10^{9}$	50	$49,3^{ab}$	$48,3^{a}$	0	1,4
Контроль	–	50	$49,3^{ab}$	$49,0^{a}$	–	–

**между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 %-ном уровне вероятности (p=0,05).*

Таблица 2. **Энтомопатогенная активность штаммов бактерий в отношении большого мучного хрущака *T. molitor* L.**

Вариант	КОЕ/мл	Количество личинок мучного хрущака, экз.			Биологическая эффективность, %	
		до обработки	после обработки, сут.			
			3	5	3	5
дата закладки опыта – 07.10.2019 г.						
BZR 336g	$(1,3±0,6)×10^8$	50	48^{a*}	46^{a}	3,3	7,4
Контроль		50	49^{a}	48^{a}	–	–
дата закладки опыта – 20.09.2019 г.						
BZR 920	$(2,2±0,7)×10^9$	50	50^{a}	50^{a}	0	0
BZR 926	$(6,0±0,1)×10^{10}$	50	49^{a}	49^{a}	2,0	0,7
Контроль	–	50	50^{a}	49^{a}	–	–
дата закладки опыта – 04.10.2019 г.						
BZR 196	$(6,0±0,1)×10^8$	50	38^{efgh}	37^{ghijk}	20,7	23,4
BZR 201	$(10,0±0,2)×10^{10}$	50	1^{a}	0^{a}	97,9	99,3
G1	$(5,5±0,1)×10^{10}$	50	11^{ab}	9^{abc}	77,2	81,4
G2	$(8,7±0,1)×10^9$	50	29^{de}	28^{fg}	38,6	41,4
G3	$(2,8±0,1)×10^{10}$	50	7^{ab}	6^{abc}	85,5	87,6
Контроль	–	50	48^{hi}	48^{lm}	–	–
дата закладки опыта – 09.09.2019 г.						
BZR 533	$(1,4±0,1)×10^{10}$	50	35^{b}	35^{a}	28,4	28,4
BZR 610	$(8,8±0,1)×10^{10}$	50	39^{ab}	39^{ab}	20,9	21,6
BZR 619	$(4,2±0,9)×10^9$	50	46^{b}	43^{b}	6,8	11,5
BZR 580	$(9,3±0,3)×10^8$	50	35^{b}	34^{a}	29,1	29,7
BZR 11	$(2,6±0,1)×10^9$	50	45^{ab}	42^{b}	8,8	14,2
Контроль	–	50	49^{a}	49^{b}	–	–
дата закладки опыта – 16. 08.2019 г.						
BZR 588	$(3,0±0,6)×10^9$	50	42^{a}	40^{a}	14,3	11,6
Контроль	–	50	49^{b}	46^{a}	–	–
Дата закладки опыта – 09.08.2019 г.						
BZR 335	$(5,8±0,3)×10^9$	50	49^{a}	49^{a}	0	0
BZR 385	$(6,7±0,1)×10^9$	50	44^{a}	43^{a}	9,5	10,3
BZR 386	$(7,1±0,2)×10^9$	50	44^{a}	40^{a}	8,8	16,4
BZR 466	$(9,7±0,2)×10^8$	50	43^{a}	42^{a}	7,5	13,7
BZR 468	$(1,2±0,8)×10^9$	50	43^{a}	43^{a}	11,0	11,0
Контроль	–	50	49^{a}	48^{lma}	–	–
дата закладки опыта – 26.07.2019 г.						
BZR 57	$(5,8±0,4)×10^9$	50	40^{ab}	24^{bc}	19,3	47,5
BZR 70	$(5,3±0,8)×10^9$	50	41^{ab}	30^{b}	18,0	34,5
BZR 497	$(7,5±0,1)×10^9$	50	39^{ab}	22^{bc}	21,3	51,8
BZR 40	$(4,9±0,1)×10^9$	50	33^{c}	11^{a}	33,3	76,3
BZR 465	$(6,7±0,2)×10^8$	50	40^{ab}	24^{b}	18,7	47,5
Контроль	–	50	50^{b}	46^{e}	–	–
дата закладки опыта – 19.07.2019						
BZR 206	$(5,8±0,4)×10^9$	50	10^{ab}	9^{abc}	0	0
BZR 736	$(5,3±0,8)×10^9$	50	11^{b}	6^{abc}	76,9	83,3
BZR 762	$(7,5±0,1)×10^9$	50	15^{bc}	11^{cd}	73,9	86,4
BZR 277	$(6,1±0,1)×10^9$	50	14^{bc}	11^{bcd}	66,4	73,5
BZR 936	$(8,3±0,2)×10^9$	50	13^{b}	9^{abcd}	68,7	75,0
BZR 162	$(9,4±0,3)×10^{10}$	50	23^{cd}	18^{de}	70,9	78,8
BZR 785	$(3,6±0,8)×10^8$	50	7^{ab}	1^{abc}	47,0	59,1
BZR 635	$(5,9±0,1)×10^8$	50	7^{ab}	1^{ab}	84,3	96,2
BZR 278	$(9,7±0,7)×10^9$	50	12^{b}	1^{ab}	83,6	97,7
BZR 1159	$(6,5±0,3)×10^9$	50	16^{bc}	10^{abcd}	71,6	97,7
BZR 585	$(4,1±0,1)×10^{10}$	50	10^{ab}	1^{ab}	62,7	75,8
Контроль	–	50	44^{e}	44^{e}	–	–

**между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 %-ном уровне вероятности (p=0,05).*

Результаты многих зарубежных и отечественных исследований свидетельствуют, что частое использование химических инсектицидов приводит к появлению насекомых и клещей, устойчивых к применяемому действующему веществу [11, 12]. Единственный способ предотвратить или задержать появление этой проблемы – переориентация на инсектицидные соединения с другим способом действия и разработка комплексных систем защиты сельскохозяйственных культур, которые включают обеспечение сохранности полезных организмов.

Поэтому в последние годы возник большой спрос на новые и эффективные альтернативные подходы борьбы с вредителями. При этом они должны быть экономически благоприятными для сельхозтоваропроизводителей и безопасными для потребителей и окружающей среды.

Популяции многих членистоногих естественным образом регулируют такие энтомопатогены, как бактерии, грибы и вирусы. Эти микроорганизмы широко распространены в агроценозах и вызывают естественные инфекции у многих видов вредителей. Наиболее распространённые из них – энтомопатогенные кристаллобразующие бактерии рода *Bacillus* и их токсины. Другая группа представлена микромицетами родов *Beauveria* и *Metarhizium*, обладающих энтомоцидным действием в отношении широкого спектра насекомых-вредителей. Высоковирулентными микробными агентами выступают вирусы, относящиеся к семейству Baculoviridae. Биопрепараты на основе вируса гранулеза и полиэдроза активно применяют в биологическом контроле широкого спектра насекомых-вредителей [13, 14].

Таким образом, большинство видов из представленных групп микроорганизмов служат основой биоинсектицидов, которые действуют избирательно и контролируют определенный спектр фитофагов, сохраняя природное равновесие.

Возможности биологического метода защиты растений расширяются с увеличением объема научных знаний и могут быть использованы в соответствии с экономическими и социальными потребностями. Для разработки новых и эффективных инсектицидных препаратов на основе перспективных биоагентов, необходим многоступенчатый скрининг штаммов бактерий, включающий лабораторные исследования с использованием актуальных методических подходов.

Цель исследования – скрининг и изучение штаммов бактерий, перспективных в качестве потенциальных биоагентов в отношении *G. mellonella* L. и *T. molitor* L.

Условия, материалы и методы. Работу проводили на базе лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» с использованием материально-технической базы УНУ «Технологическая линия для получения микро-

Таблица 3. **Биологическая эффективность штаммов бактерий в отношении большой восковой моли *G. mellonella* L. и большого мучного хрущака *T. molitor* L.**

Биологическая эффективность, %	*Шифр штамма*	
	G. mellonella L.	*T. molitor L.*
80…100	BZR 1159, BZR 588, BZR 936, BZR 206, BZR 920, BZR 926, BZR 277	BZR 201, BZR 278, BZR 1159, BZR 635, G3, BZR 762, BZR 736, G1
50…80	BZR 466	BZR 162, BZR 40, BZR 585, BZR 936, BZR 277, BZR 785, BZR 497
<50	BZR 1107, BZR 953, BZR 77, BZR 1126, BZR 335, BZR 967, BZR 1108, BZR 1092, BZR 385, BZR 653, BZR 785, BZR 736, BZR 1098, BZR 968, BZR 28, BZR 386, BZR 762, BZR 486, BZR 630, BZR 1004, BZR 824, BZR 717, BZR 610, BZR 630, BZR 1, BZR 643,BZR 207, BZR 4, BZR 644, BZR 687, BZR 278, BZR 264, BZR 654, BZR 967, BZR 388, BZR 319, BZR 162, BZR 266, BZR 635, BZR 636, BZR 934, BZR 745, BZR 57, BZR 647, BZR 916, BZR 937, BZR 196, BZR 265, BZR 721, BZR 473, BZR 820, BZR 164, BZR 497, BZR 519, BZR 676, BZR 823, BZR 527, BZR 637, BZR 517, BZR 172, BZR 193, BZR 210, BZR 220, BZR 255, BZR 201, BZR 489, BZR 704, BZR 290, BZR 629, BZR 689, BZR 457, BZR 470, BZR 609, BZR 204, BZR 209, BZR 418, BZR 387, BZR 615, BZR G2, BZR 533, BZR 468, BZR 645, BZR 619, BZR 659, BZR 336g, BZR 203, BZR 291, BZR 643, BZR 458, BZR 646, BZR 647, BZR 673, BZR 580, BZR 658, BZR 644, BZR G1, BZR G3, BZR 935, BZR 462	BZR 57, BZR 465, G2, BZR 70, BZR 580, BZR 533, BZR 196, BZR 610, BZR 386, BZR 11, BZR 466, BZR 588, BZR 619, BZR 468, BZR 385, BZR 336g, BZR 926, BZR 920, BZR 335, BZR 206

биологических средств защиты растений нового поколения» (*http://ckp-rf.ru/registered No 671367 реестровый № 671367*). Исследования выполняли в 2019–2022 гг. Объекты исследования – 106 аборигенных штаммов бактерий из биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов: микроорганизмы», выделенных в различных стациях Краснодарского и Ставропольского края.

Для получения водной суспензии на основе исследуемых штаммов бактерии высевали в чашки Петри (ЧП) методом штриха на мясо-пептонный агар (МПА). Культивирование осуществляли в термостате при температуре +28 °С в течение 48 ч. В результате получали водную суспензию и определяли численность бактериальных клеток глубинным методом [15].

Исследование энтомопатогенной активности штаммов бактерий *in vitro* проводили на двух тест-объектах [16, 17]: 106 штаммов изучали на большой восковой моли *G. mellonella* L. и 35 штаммов – на большом мучном хрущаке *T. molitor* L.

Эксперименты на гусеницах большой восковой моли *G. mellonella* L. проводили по общепринятым методам тестирования энтомопатогенных микроорганизмов (*Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты / под ред. В. В. Глупова. М.: Круглый год, 2001. С. 352–427*). Для выявления патогенности штаммов использовали гусениц 3…5-го возрастов. Насекомых рассаживали в ЧП на искусственную питательную среду (ИПС), предварительно обработанную бактериальной суспензией из расчета 5:3. В контрольном варианте использовали стерильную воду. ЧП с гусеницами большой восковой моли содержали при температуре +25…27 °С и относительной влажности воздуха 60…80 %. Опыт проводили в трехкратной повторности (по 50 особей на повторность).

При использовании в качестве тест-объекта личинок большого мучного хрущака *T. molitor* инсектицидную активность штаммов оценивали путем добавления водной суспензии штаммов к питательной среде. Для опыта отбирали личинок 10…11-го возрастов после предварительного голодания в течение 24 ч. Бактериальную суспензию смешивали с молотым геркулесом из расчета 3:1. В контроле геркулесовую муку смешивали с 3 мл воды. ЧП накрывали крышками с вентиляционными отверстиями и инкубировали при температуре +26…28°С. Учет осуществляли на третьи и на пятые сутки. Опыт проводили в трехкратной повторности (по 50 особей на повторность).

Биологическую эффективности рассчитывали по формуле Хендерсона и Тилтона (*Долженко В. И. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельскохозяйстве. 2004. С. 354–355*), которая учитывает изменения численности как в опытном, так и контрольном вариантах:

$$Э = 100 \times (1 - ОпКд/ОдКп),$$

где *Э* – эффективность, выраженная процентом снижения численности вредителя с поправкой на контроль; *Оп* – число живых особей после обработки в опыте, шт.; *Од* – число живых особей перед обработкой в опыте, шт.; *Кп* – число живых особей насекомого в контроле после обработки, шт.; *Кд* – число живых особей насекомого в контроле до обработки, шт.

При определении фитотоксичности штаммов бактерий в качестве тест-культуры использовали проростки пшеницы озимой как одной из ключевых сельскохозяйственных культур в РФ. Для исследований был выбран сорт Граф селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукъяненко». Категория семян – оригинальные. Тест по фитотоксичности включал в себя определение влияния штаммов на энергию прорастания и всхожесть семян, патогенное и токсикологическое действие на проростки. Изучение влияния штаммов на энергию прорастания и всхожесть семян проводили после замачивания семян в суспензии бактерий.

В приготовленной суспензии определяли титр жизнеспособных единиц. Семена пшеницы замачивали в суспензии на 2 часа и раскладывали во влажную камеру. Контроль – семена, замоченные в стерильной воде. Учет энергии прорастания и всхожести проводили на третьи и седьмые сутки (по ГОСТ 12038-84).

Возможное патогенное и токсическое действие бактерий определяли путем помещения в химические стаканы с бактериальной суспензией семидневных проростков пшеницы озимой с подрезанной корневой системой. Контроль –

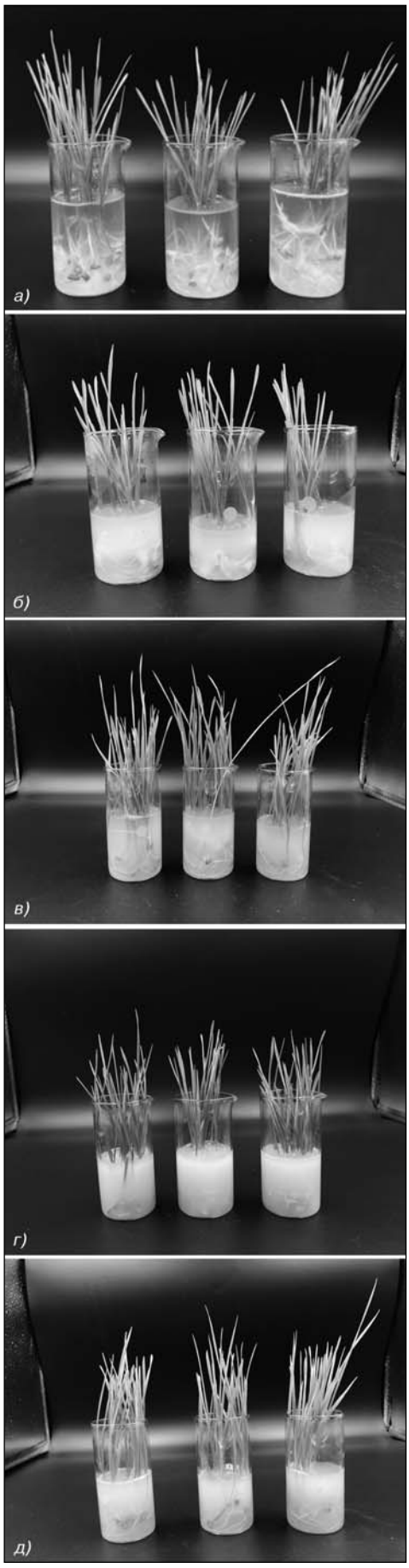


Рисунок. Анализ фитотоксического действия суспензий на основе штаммов бактерий на проростки пшеницы озимой сорта Граф: а) контроль, б) BZR 936, в) BZR 762, г) BZR 278, д) BZR 585.

проростки пшеницы озимой, помещенные в стерильную воду. По количеству увядших растений в контроле и вариантах судили о патогенности штаммов. Продолжительность теста составила 10 суток. Учеты осуществляли на третьи, пятые, седьмые и десятые сутки.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2019 и Statistica 13.3 EN trial-version (StatSoft Russia). В работе использовали многоранговый тест Дункана.

Результаты и обсуждение. Поиск эффективных биологических агентов – важная задача агробиотехнологии, непосредственно связанная с созданием биопрепаратов для контроля численности вредных организмов. Исследования в этом направлении включают ряд этапов: выбор источника или места для поиска микроорганизмов, выделение и скрининг штаммов, исследование потенциальных биоагентов и полевые испытания.

Известно, что эффективность микробиологического препарата зависит, в том числе от количества активных микробных клеток, поэтому на каждом этапе скрининга при подготовке смывов исследуемых штаммов бактерий осуществляли анализ количества колониеобразующих единиц: титр суспензии варьировал в диапазоне от $2{,}2\times10^{7}$ до $5{,}6\times10^{10}$ КОЕ/мл.

В результате проведения анализа потенциальной энтомопатогенной активности из биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов: микроорганизмы» было отобрано 106 штаммов бактерий, которые включили в программу скрининга в отношении большой восковой моли *G. mellonella* L. Этот вид в связи с физиологическими особенностями принято разводить в научно-практических целях как модельный объект не только для физиологических и биохимических исследований, но и для оценки активности и качества биопрепаратов, а также как кормовую базу для хищных клопов, мух-тахин, трихограмм и др. [16, 18, 19].

Высокую эффективность в отношении большой восковой моли показали штаммы BZR 936, BZR 1159, BZR 920, BZR 588, BZR 206, BZR 277, BZR 926 – гибель гусениц на 5-е сутки составила 83…95 %. Важно отметить, что при их использовании высокая смертность насекомых (70…95 %) проявлялась уже на 3-и сутки после обработки. Штамм BZR 466 показал среднюю биологическую эффективность, которая к 5-м суткам достигала 69,6 %. Стоит отметить, что в этом варианте зафиксированы достоверные различия по отношению к контролю и на 3-и сутки – 43 %. Из 106-ти исследуемых биоагентов – 64 штамма к 5-м суткам не показали энтомопатогенного действия, гибель гусениц в этих вариантах значительно не отличалась от естественной смертности в контроле (табл. 1).

Большой мучной хрущак *T. molitor* L. – насекомое с полным превращением из отряда жесткокрылых, которое широко используют в исследованиях в качестве тест-объекта [20]. Для оценки возможного энтомопатогенного действия в отношении представителя отряда Coleoptera было отобрано 35 штаммов бактерий.

В результате скрининга в отношении большого мучного хрущака выявлено 8 штаммов бактерий с высокой эффективностью как на третьи (72…98 %), так и на пятые сутки эксперимента (81…99 %) – BZR 201, BZR 1159, BZR 736, BZR 762, BZR 635, BZR 278, BZR G1, BZR G3 (табл. 2).

Кроме того, достаточно высокая инсектицидная активность была отмечена у штаммов BZR 936, BZR 585, BZR 40, BZR 277, BZR 162, BZR 497, BZR 785: смертность личинок большого мучного хрущака на 5 сутки составила 52…78,8 %. При этом штаммы BZR 40, BZR 497, BZR 497 на 3 сутки ха-

рактеризовались слабой эффективностью 18,7…33,3 %, а к 5-м суткам гибель насекомых увеличилась в 2 раза.

Все исследуемые штаммы бактерий по уровню биологической эффективности можно условно разделить на три группы – высокая (80…100 %); средняя (50…80 %); низкая (до 50 %). Это условные деления, принятые на основании уровня защитного эффекта микробиологических препаратов инсектицидного действия.

Таблица 4. **Фитотоксичность штаммов бактерий в отношении проростков пшеницы озимой сорта Граф (2022 г.)**

Вариант	*Титр, КОЕ/мл*	*Энергия прорастания, шт.*	*Всхожесть, шт.*	*Увядание проростков, %*
BZR 588	(2,0±0,3)× 10^{10}	100[a]*	100[a]	0
BZR 585	(4,1±0,1)×10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR 201	(1,0±0,2)×10^{11}	100[a]	100[a]	0
BZR 736	(2,3±0,8)×10^{10}	99,3[a]	99,3[a]	0
BZR 762	(1,4±0,1)× 10^{11}	100[a]	100[a]	0
BZR 926	(6,0±0,1)×10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR 920	(2,2±0,2)×10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR 936	(8,3±0,2)×10^{9}	100[a]	100[a]	0
BZR 206	(5,8±0,4)×10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR 635	(1,4±0,1)× 10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR G3	(2,9±0,2)× 10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR G2	(4,1±0,1)× 10^{10}	99,6[a]	99,6[a]	0
BZR 277	(8,6±0,3)× 10^{9}	100[a]	100[a]	0
BZR 1159	(6,0±0,1)×10^{9}	100[a]	100[a]	0
BZR 466	(2,8±0,1)× 10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR 278	(3,8±0,4)× 10^{10}	100[a]	100[a]	0
BZR 162	(8,8±0,1)× 10^{10}	100[a]	100[a]	0
Контроль	—	100[a]	100[a]	0

**между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 %-ном уровне вероятности (p=0,05).*

Таким образом, было выявлено 17 штаммов бактерий с высоким и средним энтомоцидным эффектом в отношении большой восковой моли *G. mellonella* L. и большого мучного хрущака *T. molitor* L. Следует отметить высокую биологическую эффективность (80…100 %) штамма BZR 1159 на двух тест-объектах. Тогда как штаммы BZR 277 и BZR 936 были высокоэффективны в отношении большой восковой моли, но средне эффективны (50…80 %) в отношении большого мучного хрущака. А штаммы BZR 201, BZR 278, BZR 635, BZR G1, BZR G3 обладали высокой биологической эффективностью (80…100 %) в отношении большого мучного хрущака, а в отношении большой восковой моли она была ниже 50 %(табл. 3). Такая закономерность, вероятно, связана с индивидуальными особенностями каждого изучаемого штамма.

В результате проведенного скрининга, выявлены новые штаммы бактерий с высокой энтомопатогенной активностью в отношении большой восковой моли и большого мучного хрущака, которые отобраны для проведения следующего этапа исследований.

Дальнейший этап работы включал исследование отобранных штаммов бактерий на возможное фитотоксическое и фитопатогенное действие на примере пшеницы озимой. Для проведения эксперимента были получены суспензии бактерий с оптимальным количеством жизнеспособных клеток – титр варьировал от (6,0±0,1) × 10^{9} до (1,4±0,1) × 10^{11}(табл. 4).

Тестируемые штаммы бактерий не оказывали негативного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы озимой, а также не вызывали увядания проростков.

В вариантах с суспензий BZR 585, BZR 762 отмечен визуальный ростостимулирующий эффект (см. рисунок), который, вероятно, связан с продуцированием бактериями биологически активных метаболитов.

Выводы. По результатам первичного скрининга бактериальных штаммов из биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов: микроорганизмы» по критерию энтомопатогенной активности выявлено 7 штаммов бактерий с высоким энтомопатогенным действием в отношении *G. mellonella* L. – BZR 1159, BZR 588, BZR 936, BZR 206, BZR 920, BZR 926, BZR 277, гибель гусениц в этих вариантах на третьи сутки составляла 65…95 %; на 5-е сутки – 83…95 %.

Выявлено восемь штаммов бактерий с высоким энтомомопатогенным действием в отношении *T. molitor* L. – BZR 201, BZR 278, BZR 1159, BZR 635, G3, BZR 762, BZR 736, G1, смертность личинок на третьи сутки варьировала 72…98 %, а на 5-е сутки – 81…99 %. Исследуемые штаммы бактерий не оказывают негативного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы озимой, а также не вызывают увядания ее проростков.

Исследования показали потенциальную перспективность штаммов бактерий из биоресурсной коллекции «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов: микроорганизмы» ФГБНУ ФНЦБЗР в качестве перспективных биоагентов. В дальнейшем их следует включить в программы скрининга в отношении экономически значимых вредителей сельскохозяйственных культур.

Литература.

1. Budzinski H., Couderchet M. Environmental and human health issues related to pesticides: from usage and environmental fate to impact // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25. No. 15. P. 14277–14279. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1738-3 (дата обращения: 19.05.2021). doi: 10.1007/s11356-018-1738-3.

2. Serum concentrations of selected organochlorine pesticides in a Lebanese population and their associations to sociodemographic, anthropometric and dietary factors: ENASB study / M. Harmouche-Karaki, J. Matta, K. Helou, et al. // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Vol. 25. No. 15. P. 14350–14360. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9427-1 (дата обращения: 19.05.2021). doi: 10.1007/s11356-017-9427-1.

3. Stockholm Convention 2008. The 12 initial POPs under the Stockholm Convention. URL: http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/The12InitialPOPs/tabid/296/Default.aspx (дата обращения: 20.04.2021).

4. Pundir C. S., Malik A., Preety. Bio-sensing of organophosphorus pesticides: a review // Biosensors and Bioelectronics. 2019. Vol. 140. Article 111348. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095656631930421X?via%3Dihub (дата обращения: 20.04.2021). doi: 10.1016/j.bios.2019.111348.

5. Генотоксические свойства некоторых фосфорорганических пестицидов / О. В. Егорова, Н. А. Илюшина, Н. С. Аверьянова и др. // Медицинская генетика. 2020. Т. 19. № 9. С. 72–73.

6. Review of the state of the art of human biomonitoring for chemical substances and its application to human exposure assessment for food safety / J. Choi, T. Aaroe Morck, A. Polcher, et al. // EFSA Supporting Publications. 2015. Vol. 12. No. 2. Article 724E. URL: https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/sp.efsa.2015.EN-724 (дата обращения: 20.04.2021).

7. Безопасность импортируемой сельскохозяйственной продукции: остаточные количества пестицидов / В. Н. Ракитский, З. Н. Хай, Н. Е. Федорова и др. // Здравоохранение Российской Федерации. 2020. Т. 64. № 3. С. 150–157.

8. Determination of 60 pesticides in hen eggs using the QuEChERS procedure followed by LC-MS/MS and GC-MS/MS / N. E. Song, Y. Mansur, A. R. Jang, et al. // Food chemistry. 2019. Vol. 298. Article 125050. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619311525 (дата обращения: 20.04.2021).

9. Persistent organochlorinated pesticides and mechanisms of their toxicity / E. J. Mrema, F. M. Rubino, G. Brambilla, et al. // Toxicology. 2013. Vol. 307. P. 74–88. doi: 10.1016/j.tox.2012.11.015.

10. Insecticides suppress natural enemies and increase pest damage in cabbage / R. Bommarco, F. Miranda, H. Bylund, et al. // Journal of Economic Entomology. 2011. Vol. 104. No. 3. P. 782–791. doi: 10.1603/ec10444.

11. Рославцева С. А. Резистентность членистоногих к инсектоакарицидам // Агрохимия. 2003. № 7. С. 83–87.

12. Проблема резистентности членистоногих к инсектицидным и акарицидным препаратам / Т. В. Герунов, В. И. Дорожкин, А. А. Тарасенко и др. // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 1. С. 91–98.

13. Биологический контроль численности яблонной плодожорки на основе энтомопатогенных микроорганизмов (обзор) / Е. Ю. Бондарчук, А. М. Асатурова, Н. С. Томашевич и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 11. С. 53–66.

14. Павлюшин В. А., Новикова И. И., Бойкова И. В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438.

15. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / под ред. А. И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. С. 354–355.

16. Гайдай Д. С., Гайдай Е. А., Макарова М. Н. Личинки большой восковой моли (Galleria mellonella) как модельный объект для исследования новых лекарственных средств // Международный вестник ветеринарии. 2017. № 2. С. 82–90.

17. Чикин Ю. А., Гулик Е. С., Харлова А. А. Чувствительность личинок большого мучного хрущака Tenebrio molitor к Beauveria bassiana // Аграрная наука – сельскому хозяйству. 2019. С. 275–276.

18. Восприимчивость разных видов чешуекрылых насекомых к штамму Bacillus thuringiensis ssp. aizawai / И. В. Андреева, Е. И. Шаталова, Г. В. Калмыкова и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 49. № 6. С. 44–52.

19. Соколов В. В., Осокина А. С., Касаткин В. В. Технология механизации сортировки личинок Galleria mellonella L. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 2. С. 120–124.

20. Virulence traits within a community of the fungal entomopathogen Beauveria: Associations with abundance and distribution / S. Maistrou, M. E. Natsopoulou, A. B. Jensen, et al. // Fungal Ecology. 2020. Vol. 48. Article 100992. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1754504820301045 (дата обращения: 20.09.2021). doi: 10.1016/j.funeco.2020.100992.

References

1. Budzinski H, Couderchet M. Environmental and human health issues related to pesticides: from usage and environmental fate to impact. Environmental Science and Pollution Research [Internet]. 2018 [cited 2021 May 19];25(15):14277-9. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1738-3. doi: 10.1007/s11356-018-1738-3.

2. Harmouche-Karaki M, Matta J, Helou K, et al. Serum concentrations of selected organochlorine pesticides in a Lebanese population and their associations to sociodemographic, anthropometric and dietary factors: ENASB study. Environmental Science and Pollution Research [Internet]. 2017 [cited 2021 May 19];25(15):14350-60. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9427-1. doi: 10.1007/s11356-017-9427-1.

3. Stockholm Convention [Internet]. Switzerland: Stockholm Convention; 2019. The 12 initial POPs under the Stockholm Convention; [cited 2021 Apr 20]; [about 5 screens]. Available from: http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/The12InitialPOPs/tabid/296/Default.aspx.

4. Pundir CS, Malik A, Preety. Bio-sensing of organophosphorus pesticides: a review. Biosensors and Bioelectronics [Internet]. 2019 [cited 2021 Apr 20];140: Article 111348. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095656631930421X?via%3Dihub. doi: 10.1016/j.bios.2019.111348.

5. Egorova OV, Ilyushina NA, Aver'yanova NS, et al. [Genotoxic properties of some organophosphate pesticides]. Meditsinskaya genetika. 2020;19(9):72-3. Russian.

6. Choi J, Aaroe Morck T, Polcher A, et al. Review of the state of the art of human biomonitoring for chemical substances and its application to human exposure assessment for food safety. EFSA Supporting Publications [Internet]. 2015 [cited 2021 Apr 20];12(2): Article 724E. Available from: https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/sp.efsa.2015.EN-724.

7. Rakitskii VN, Khai ZN, Fedorova NE, et al. [Safety of imported agricultural products: Pesticide residues]. Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii. 2020;64(3):150-7. Russian.

8. Song NE, Mansur Y, Jang AR, et al. Determination of 60 pesticides in hen eggs using the QuEChERS procedure followed by LC-MS/MS and GC-MS/MS. Food chemistry [Internet]. 2019 [cited 2021 Apr 20];298: Article 125050. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619311525.

9. Mrema EJ, Rubino FM, Brambilla G, et al. Persistent organochlorinated pesticides and mechanisms of their toxicity. Toxicology. 2013;307:74-88. doi: 10.1016/j.tox.2012.11.015.

10. Bommarco R, Miranda F, Bylund H, et al. Insecticides suppress natural enemies and increase pest damage in cabbage. Journal of Economic Entomology. 2011;104(3):782-91. doi: 10.1603/ec10444.

11. Roslavtseva SA. [Resistance of arthropods to insectoacaricides]. Agrokhimiya. 2003;(7):83-7. Russian.

12. Gerunov TV, Dorozhkin VI, Tarasenko AA, et al. [The problem of resistance of arthropods to insecticidal and acaricidal preparations]. Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii. 2021;(1):91-8. Russian.

13. Bondarchuk EYu, Asaturova AM, Tomashevich NS, et al. [Biological control of the number of codling moth based on entomopathogenic microorganisms (review)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020;(11):53-66. Russian.

14. Pavlyushin VA, Novikova II, Boikova IV. [Microbiological protection of plants in technologies of phytosanitary optimization of agroecosystems: Theory and practice (review)]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020;55(3):421-38. Russian.

15. Netrusov AI, editor. Praktikum po mikrobiologii: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii [Workshop on microbiology: Textbook for students of higher educational institutions]. Moscow: Akademiya; 2005. p. 354-5. Russian.

16. Gaidai DS, Gaidai EA, Makarova MN. [Large wax moth larvae (Galleria mellonella) as a model object for the study of new drugs]. Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii. 2017;(2):82-90. Russian.

17. Chikin YuA, Gulik ES, Kharlova AA. [Susceptibility of larvae of the large mealworm Tenebrio molitor to Beauveria bassiana]. Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu. 2019;275-6. Russian.

18. Andreeva IV, Shatalova EI, Kalmykova GV, et al. [Susceptibility of different species of Lepidoptera insects to Bacillus thuringiensis ssp. aizawai]. Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2020;49(6):44-52. Russian.

19. Sokolov VV, Osokina AS, Kasatkin VV. [Technology of mechanization of sorting larvae of Galleria mellonella L.]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020;15(2):120-4. Russian.

20. Maistrou S, Natsopoulou ME, Jensen AB, et al. Virulence traits within a community of the fungal entomopathogen Beauveria: Associations with abundance and distribution. Fungal Ecology [Internet]. 2020;48: Article 100992. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1754504820301045. doi: 10.1016/j.funeco.2020.100992.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_61
УДК 575.17:632.754.1

Генетическая изменчивость клопов-кружевниц (Hemiptera: Tingidae) в Краснодарском крае*

Е. Н. БЕСЕДИНА[1], В. И. КИЛЬ[2]
[1]*Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация*
[2]*Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149, Краснодар, 350040, Российская Федерация*

Резюме. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на территориях инвазивного распространения клопов-кружевниц (Hemiptera: Tingidae) в Краснодарском крае. Работу выполняли с целью изучения процесса дивергенции видов на основе анализа изменчивости молекулярно-генетической структуры и генетического сходства географических популяций клопов-кружевниц на юге России. Проведен ПЦР-анализ адвентивных (*Corythucha arcuata* Say*, Corythucha ciliata* Say) и аборигенного (*Stephanitis pyri* F.) видов тингид по RAPD-маркерам (random amplified polymorphic DNA). Объектом исследований были географические выборки насекомых (n=20) из ареалов клопов-кружевниц в Краснодарском крае, собранных на модельных деревьях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), платана восточного (*Platanus orientalis* L.), груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.). В ПЦР использовали праймеры Operon Technology (OP) со стандартной последовательностью нуклеотидов: OPA07 (GAAACGGGTG), OPA09 (GGGTAACGCC) и OPA18 (AGGTGACCGT). Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Popgene, version 1.31. На долю внутрипопуляционной изменчивости у трех исследуемых видов клопов-кружевниц приходилось: 93,2 % (дубовая), 90,2 % (платановая) и 96,4 % (грушевая). Величина коэффициента Gst характеризует изменчивость между популяциями, определяющую дифференциацию между ними. Межпопуляционная изменчивость у адвентивных видов составила 6,8 % (*C. arcuata*) и 9,8 % (*C. ciliata*), а у аборигенного вида *S. pyri* – 3,6 %. Более высокая скорость дивергенции (Vдив.=0,0050 у.е./год) отмечена у недавно (2015 г.) проникнувшего на юг России вида клопа дубовая кружевница.
Ключевые слова: клопы-кружевницы (Hemiptera, Tingidae), инвазивные виды, ПЦР, RAPD-анализ, генетическая изменчивость.
Сведения об авторах: Е. Н. Беседина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: katrina7283@yandex.ru); В. И. Киль, доктор биологических наук, профессор (e-mail: vlkil@inbox.ru).
Для цитирования: Беседина Е. Н., Киль В. И. Генетическая изменчивость клопов-кружевниц (Hemiptera: Tingidae) в Краснодарском крае // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 61–64. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_61.

**исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0002.*

Genetic variability of lace bugs (Hemiptera: Tingidae) in the Krasnodar Territory

E. N. Besedina[1], V. I. Kil[2]
[1]*Federal Scientific Center of Biological Plant Protection, g. Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation*
[2]*Kuban State University, ul. Stavropol'skaya, 149, g. Krasnodar, 350040, Russian Federation*

Abstract. The studies were carried out in 2019–2021 in territories of invasive distribution of lace bugs (Hemiptera: Tingidae) in the Krasnodar Territory. The work aimed to study the process of species divergence based on the analysis of the variability of the molecular genetic structure and the genetic similarity of the geographical populations of lace bugs in the south of Russia. PCR analysis of adventive (*Corythucha arcuata* Say, *Corythucha ciliata* Say) and native (*Stephanitis pyri F.*) Tingidae species was performed for RAPD markers (random amplified polymorphic DNA). The study object were geographical samples of insects (n = 20) from the lace bug habitats in the Krasnodar Territory, collected in sample trees of English oak (*Quercus robur L.*), oriental plane (*Platanus orientalis L.*), common pear (*Pyrus communis L.*). Operon Technology (OP) primers with the standard nucleotide sequence OPA07 (GAAACGGGTG), OPA09 (GGGTAACGCC), and OPA18 (AGGTGACCGT) were used in PCR. Statistical data processing was performed using Popgene software, version 1.31. The share of intrapopulation variation of three studied species of lace bugs accounted for 93.2% (oak), 90.2% (plane) and 96.4% (pear). The value of the coefficient Gst characterised the variability between populations, which determines the differentiation between them. The interpopulation variability in adventive species was 6.8% (*C. arcuata*) and 9.8% (*C. ciliata*), while in the native species *S. pyri* it was 3.6%. A higher rate of divergence (Vdiv. = 0.0050 c.u./year) was noted in the species of oak lace bug recently penetrated the south of Russia (2015).
Keywords: lace bugs (Hemiptera, Tingidae); invasive species; PCR; RAPD analysis; genetic variability.
Author Details: E. N. Besedina, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow, (e-mail: katrina7283@yandex.ru); V. I. Kil, D. Sc. (Biol.), professor (e-mail: vlkil@inbox.ru).
For citation: Besedina EN, Kil VI. [Genetic variability of lace bugs (Hemiptera: Tingidae) in the Krasnodar Territory]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):61-4. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_61.

Инвазии адвентивных видов вредителей – кардинальная проблема современности, вызванная процессами глобализации, приводящими к широкой транспортной коммуникации между континентами, государствами и их регионами. Завезенные из других частей планеты насекомые, становятся опасными вредителями из-за того, что не встречают в новой для себя экосистеме естественных врагов. Часто инвазивное развитие адвентивных видов приводит к так называемым «энтомогенным катастрофам», ярким примером которых считают инвазии клопов-кружевниц (Hemiptera: Tingidae) [1, 2]. При этом из-за изменений во внутренних экосистемах в условиях конкуренции с новыми адвентивными видами происходят вспышки и массовые миграции аборигенных видов.

Изучение генетики популяций инвазивных видов насекомых имеет большое значение при мониторинге генетического разнообразия вредной энтомофауны, в понимании миграционных процессов, механизмов генетической изменчивости и адаптации популяций к новым для них условиям внешней среды [3, 4, 5].

На сегодняшний день мало известно о популяционной генетике и микроэволюционных процессах, лежащих в основе механизмов адаптации и инвазивности адвентивных видов насекомых в новых для них условиях окружающей среды. Для понимания механизмов адаптации инвазивно-опасных вредителей необходимо изучение изменчивости генетической структуры популяций, которое включает в себя оценку генетического разнообразия, ДНК-полиморфизма и генетического сходства популяций.

Немногочисленные публикации по оценке адаптационной способности и анализу генетической изменчивости популяций адвентивного вида *Corythucha ciliata* Say в Китае и Европе [6] определяют большой интерес к проведению аналогичных исследований для этого (*C. ciliata*) и другого инвазивного (*Corythucha arcuata* Say) видов, акклиматизировавшихся в России, и, в частности, в Краснодарском крае.

Ранее были выявлены универсальные RAPD-праймеры, пригодные для анализа межвидовых различий в семействе тингид [7], что позволяет проводить филогенетические исследования насекомых этого семейства на базе оценки генетического сходства различных видов без анализа первичной последовательности отдельных участков генома [8, 9]. В то же время необходимо оценить возможность использования таких RAPD-праймеров для проведения молекулярно-генетических исследований внутри- и межпопуляционной изменчивости видов тингид.

Цель исследования – изучение процесса дивергенции инвазивных видов клопов-кружевниц на юге России на основе анализа изменчивости молекулярно-генетической структуры и генетического сходства географических популяций в Краснодарском крае.

В задачи исследований входило проведение ПЦР-анализа географических популяций клопов-кружевниц с использованием универсальных для тингид RAPD-праймеров и на этой основе определение ДНК-полиморфизма, генетического разнообразия и генетического сходства популяций.

Условия, материалы и методы. Молекулярно-генетические исследования проводили на базе сектора биотехнологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР). Объектом исследований служили выборки насекомых (n=20) из популяций дубовой (*Corythucha arcuata* Say), платановой (*Corythucha ciliata* Say) и грушевой (*Stephanitis pyri* F.) кружевниц, собранных на модельных деревьях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), платана восточного (*Platanus orientalis* L.), груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.). Выборки сделаны во время экспедиций в 2019–2021 гг. на территориях инвазивного распространения клопов-кружевниц в Краснодарском крае – города Кропоткин, Краснодар, Абинск и Сочи. В каждом локалитете делали 3…4 выборки.

Экстракцию ДНК насекомых, амплификацию RAPD-PCR (random amplified polymorphic DNA) и электрофорез проводили по методике В. И. Киль (*Киль В. И. Методика оценки ДНК полиморфизма популяций насекомых с помощью ПЦР (RAPD- и ISSR-PCR). Методические рекомендации. Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2009. 16 с.*). Для ПЦР использовали ДНК-амплификатор «iCycler» («Bio Rad», США). Общий объем реакционной смеси ПЦР – 25 мкл. В состав смеси входили реактивы («Силекс», Россия): 10 мМ ТРИС-HCl буфер, pH 7,5…9,0 ед.; 3,0 мМ $MgCl_2$; дезоксинуклеотидтрифосфаты – 50 мкМ каждого; 0,8 мкМ праймер; ДНК-полимераза – 0,5 ед. активности и субстрат исследуемой ДНК (20 нг).

В RAPD-ПЦР использовали праймеры Operon Technology (OP) («Евроген», Россия) со стандартной последовательностью нуклеотидов OPA07, OPA09, OPA18, отобранных ранее для клопов-кружевниц [7]. Электрофорез проходил в 1,8 %-ном агарозном геле в камерах Sub Cell-GT («Bio Rad», США) с последующим гель-документированием на приборе GelDoc XR+ («Bio Rad», США). Размер исследуемых локусов определяли по маркеру длин ДНК 100 + bp DNA Ladder («Евроген», Россия). Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Popgene, version 1.31 (*Popgene, the user-friendly shareware for population genetic analysis, version 1.31. Computer program and documentation / F. C. Yeh, R. C. Yang, T. B. J. Boyle, et al. Edmonton: University of Alberta and Centre for International Forestry Research, 1999. 29 p.*). Стандартное отклонение (±SD) оценивали в программе Microsoft Office Excel. Степень ДНК-полиморфизма определяли как отношение числа полиморфных ДНК-фрагментов к общему числу ДНК-маркеров (*Kimura M., Crow J. F. The Number of Alleles That Can Be Maintained in a Finite Population // Genetics. 1964. Vol. 49. No. 4. P. 725–738*). Генетические расстояния (*GD*) между популяциями и их идентичность (*GI*) оценивали по Nei (*Nei M. Molecular evolutionary genetics. New York: Columbia univ. press, Cop., 1987. 512 p.*). Коэффициент генетической дифференциации и поток генов между популяциями выявляли по методу J. M. McDermott и B. A. McDonald (*McDermott J. M., McDonald B. A. Gene flow in plant pathosystems // Ann. Rev. Phytopathol. 1993. Vol. 31. P. 353–373*). Внутрипопуляционную генетическую изменчивость (*GV*) определяли с использованием формулы:

$$GV = \frac{Hs}{Ht}100,$$

где *Hs* – среднее генетическое разнообразие популяционных группировок по Nei (*Nei M. Genetic distance between populations // American Naturalist. 1972. Vol. 106. P. 283–292*); *Ht* – общее генетическое разнообразие в популяции по Nei (*Nei M., 1972.*)

Скорость дивергенции вида ($V_{див.}$) рассчитывали по формуле:

$$V_{див.} = \frac{GD}{t},$$

где *GD* – генетическое расстояние между популяционными группировками вида; *t* – время инвазии вида.

Время инвазии определяли с использованием литературных данных, указывающих время появления видов на территории Краснодарского края: дубовой кружевницы – 2015 г. [10], платановой – 1996 г. [11], грушевой – 1951 г. [12].

Результаты и обсуждение. Для всех изучаемых видов клопов получены четко детектируемые и полиморфные фрагменты ДНК. Наличие большого числа ДНК-маркеров при использовании RAPD-PCR свидетельствовало о высокой информативности такой системы маркирования при анализе генетической изменчивости и генетической дифференциации популяций клопов-кружевниц (см. рисунок).

В результате проведенного ПЦР-анализа было зафиксировано наличие 39 ДНК-профилей *C. arcuata*, 23 *C. ciliata* и 21 *S. pyri* размером от 100 до 1500 пар нуклеотидов (табл. 1).

Молекулярно-генетический анализ позволил определить показатели суммарной генетической изменчивости популяций клопов-кружевниц каждого вида. Так, генетическое разнообразие (по Nei) внутри географических выборок *C. arcuata* (*Hs*=0,275) составило 93,2 % от общего генетического разнообразия (*Ht*=0,295). У платановой кружевницы *C. ciliata* величина этого показателя была равна 90,2 % (*Hs*=0,320) от общего разнообразия (*Ht*=0,360), у аборигенного вида

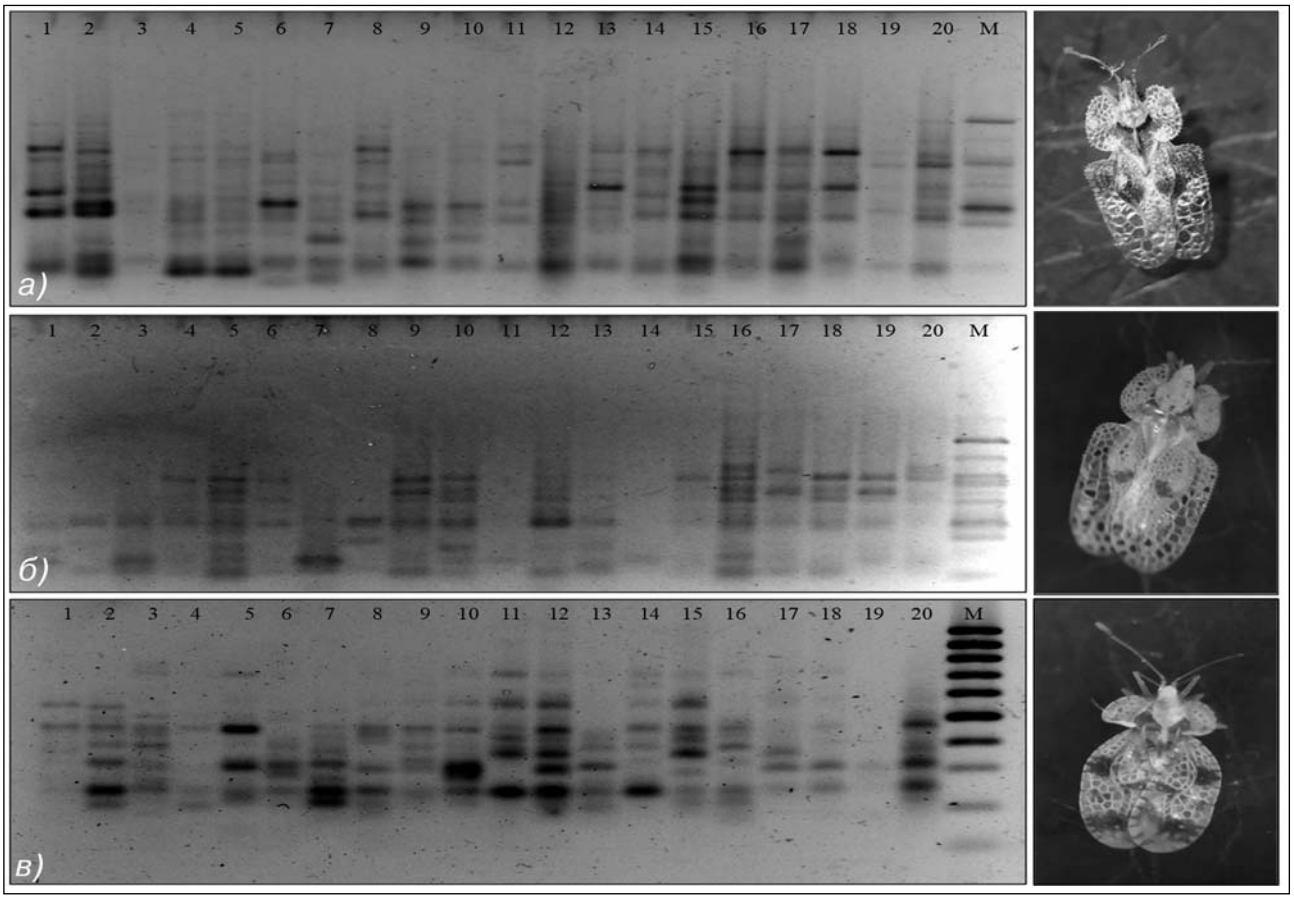


Рисунок. Электрофореграммы PCR-продуктов клопов-кружевниц по локусу OPA09: а) *Corythucha arcuata* (дубовая кружевница), б) *Corythucha ciliata* (платановая кружевница), в) *Stephanitis pyri* (грушевая кружевница); дорожки: 1...5 – г. Кропоткин; 6...10 – г. Краснодар; 11...15 – г. Абинск; 16...20 – г. Сочи, М – маркеры молекулярных масс, пар нуклеотидов (п.н.).

S. pyri уровень внутрипопуляционного генетического разнообразия (*Hs*=0,322) составил 96,4 % от общего генетического разнообразия (*Ht*=0,334) (табл. 2).

Таблица 1. **Размеры и число ДНК-профилей при RAPD-анализе клопов-кружевниц**

RAPD-локус	*Последовательность нуклеотидов 5'–3'*	*Число/размеры ДНК-профилей, п.н.*		
		Corythucha arcuata	*Corythucha ciliata*	*Stephanitis pyri*
OPA 07	GAAACGGGTG	14/≈200…1500	6/≈200…1000	6/≈100…1000
OPA 09	GGGTAACGCC	12/≈200…1500	8/≈200…1000	6/≈200…1000
OPA 18	AGGTGACCGT	13/≈300…1400	9/≈200…1000	9/≈200…800

Величины коэффициентов генетической дифференциации (*Gst*=0,04...0,09) подтверждают тот факт, что на долю изменчивости между популяциями изучаемых видов приходится 3,6...9,8 % от суммарной генетической изменчивости.

Это позволяет предположить, что исследуемые географические выборки дубовой кружевницы представляют собой субпопуляции из одной популяции, находящейся на ранней стадии дивергенции вида на юге России. Выявленное соотношение внутри- и межпопуляционной изменчивости, оцененное по индексу Nei, показало сходные данные для двух других видов клопов-кружевниц. Это подтверждают также показатели генетических расстояний (*GD*=0,019...0,069) и идентичности (*GI*=0,933...0,982) между изучаемыми географическими группировками исследуемых видов насекомых.

Наиболее высокая скорость дивергенции установленная на основе рассчитанных генетических расстояний между субпопуляциями и показателей времени возникновения инвазии клопов-кружевниц изучаемых видов отмечена у недавно проникнувшего на юг России (2015 г.) клопа дубовая кружевница *C. arcuata* – $V_{див.}$ = 0,0050 у.е./год (табл. 3).

Таким образом, результаты исследования подтверждают тот факт, что один из механизмов адаптации видов к новым условиям окружающей среды на популяционном уровне – изменчивость и высокие уровни генетического разнообразия, а также значительная миграционная способность насекомых, которые, наряду с подходящими условиями среды, определяют степень их инвазивности. В свою очередь, недавняя инвазия

Таблица 2. **Генетическая изменчивость клопов-кружевниц в Краснодарском крае**

Показатель	*Corythucha arcuata*	*Corythucha ciliata*	*Stephanitis pyri*
P (полиморфизм по всем выборкам), %	100,0	100,0	100,0
Ht (общее генетическое разнообразие)	0,295±0,020	0,360±0,020	0,334±0,019
Hs (среднее генетическое разнообразие)	0,275±0,017	0,320±0,020	0,322±0,017
Gst (коэффициент генетической дифференциации)	0,07	0,09	0,04
Nm (поток генов между популяциями)	6,98	4,56	13,40

Таблица 3. **Скорость дивергенции различных видов клопов-кружевниц**

Вид клопов-кружевниц	*GD (генетическое расстояние между популяциями), у.е.*	*t (время инвазии), год*	*$V_{див.}$ (скорость дивергенции), у.е./год*
Дубовая кружевница (*Corythucha arcuata)*	0,030	6	0,0050
Платановая кружевница (*Corythucha ciliata)*	0,069	25	0,0028
Грушевая кружевница (*Stephanitis pyri)*	0,019	70	0,0003

дубовой кружевницы требует дальнейшего контроля распространения этого вида на юге России.

Выводы. Проведенный RAPD-анализ географических популяций инвазивных видов клопов-кружевниц позволил оценить генетическое разнообразие внутри исследуемых популяций и между ними, а также определить соотношение внутри- и межпопуляционной изменчивости. Внутрипопуляционная изменчивость *C. arcuata* составила 93,2 %, тогда как межпопуляционная – 6,8 % от общей изменчивости. У *C. ciliata* на долю первой приходилось – 90,2 %, второй – 9,8 %, у *S. pyri* – 96,4 % и 3,6 % соответственно.

Определена скорость дивергенции видов, которая оказалась более высокой ($V_{див.}$ = 0,0049 у.е./год) у недавно (2015 г.) проникнувшего на юг России клопа дубовая кружевница.

Литература.

1. Чужеродные насекомые – вредители леса, выявленные на северо-западном Кавказе в 2010–2016 гг., и последствия их неконтролируемого расселения / В. И. Щуров, А. С. Бондаренко, М. М. Скворцов и др. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 220. С. 212–228. doi: 10.21266/2079-4304.2017.220.212-228.

2. Дгебуадзе Ю. Ю., Петросян В. Г., Хляп Л. А. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.

3. Invasion genetics of the western flower thrips in China: evidence for genetic bottleneck, hybridization and bridgeheadead effect / X. M. Yang, J. T. Sun, X. F. Xue, et al. // PLoS One. 2012. Vol. 7. No. 4. Article 34567. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0034567 (дата обращения:15.12.2021). doi: 10.1371/journal.pone.0034567.

4. Global invasion history of the fire ant Solenopsis invicta / M. S. Ascunce, C. C. Yang, J. Oakey, et al. // Science. 2011. Vol. 331. No. 6020. P. 1066–1068. doi: 10.1126/science.1198734.

5. Invasion of Europe by the western corn rootworm, Diabrotica virgifera virgifera: multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity / M. Ciosi, N. J. Miller, K. S. Kim, et al. // Molecular Ecology. 2008. Vol. 17. No. 16. P. 3614–3627. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.03866.x.

6. The population genetic structure of Corythucha ciliata (Say) (Hemiptera: Tingidae) provides insights into its distribution and invasiveness / W. Y. Yang, X. T Tang., R. T. Ju, et al. // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 635. doi: 10.1038/s41598-017-00279-5.

7. Беседина Е. Н., Киль В. И. Молекулярно-генетический анализ различных видов клопов-кружевниц (Heteroptera: Tingidae) по RAPD-маркерам // Садоводство и виноградарство. 2019. № 6. С. 21–25. doi: 10.31676/0235-2591-2019-6-21-25.

8. Guilbert E., Damgaard J., D'Haese C. A. Phylogeny of the lacebugs (Insecta: Heteroptera: Tingidae) using morphological and molecular data // Systematic Entomology. 2014. Vol. 39. No. 3. P. 431–441. doi: 10.1111/syen.12045.

9. Golub N. V., Golub V. B., Kuznetsova V. G. Further evidence for the variability of the 18S rDNA loci in the family Tingidae (Hemiptera, Heteroptera) // Comparative cytogenetics. 2016. Vol. 10. No. 4. P. 517–528. doi: 10.3897/CompCytogen.v10i4.9631.

10. First documented outbreak and new data on the distribution of Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Russia / V. V. Neimorovets, V. I. Shchurov, A. S. Bondarenko, et al. // Acta Zoologica Bulgarica. 2017. Vol. 9. P. 139–142.

11. Voigt K. The first Russian record of Corythucha ciliata (Say) from Krasnodar (Heteroptera: Tingidae) // Zoosystematica Rossica. 2001. Vol. 10. No. 1. P. 76.

12. Шевченко М. И. Грушевый клопик (Stephanitis pyri var. sareptana Horv.) как вредитель древесных пород (Hemiptera, Tingitidae) // Энтомологическое обозрение. 1955. Т. 34. № 1. С. 93–94.

References

1. Shchurov VI, Bondarenko AS, Skvortsov MM, et al. [Alien forest insect pests revealed in the Northwest Caucasus in 2010-2016 and consequences of their uncontrolled dispersal]. Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoj akademii. 2017;220:212-28. Russian. doi: 10.21266/2079-4304.2017.220.212-228.

2. Dgebuadze YuYu, Petrosyan VG, Khlyap LA. Samye opasnye invazionnye vidy Rossii (TOP-100) [The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100)]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2018. 688 p. Russian.

3. Yang XM, Sun JT, Xue XF, et al. Invasion genetics of the western flower thrips in China: evidence for genetic bottleneck, hybridization and bridgeheadead effect. PLoS One [Internet]. 2012 [cited 2021 Dec 15];7(4): Article 34567. Available from: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0034567. doi: 10.1371/journal.pone.0034567.

4. Ascunce MS, Yang CC, Oakey J, et al. Global invasion history of the fire ant Solenopsis invicta. Science. 2011;331(6020):1066-8. doi: 10.1126/science.1198734.

5. Ciosi M, Miller NJ, Kim KS, et al. Invasion of Europe by the western corn rootworm, Diabrotica virgifera virgifera: Multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity. Molecular Ecology. 2008;17(16):3614-27. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.03866.x.

6. Yang WY, Tang XT, Ju RT, et al. The population genetic structure of Corythucha ciliata (Say) (Hemiptera: Tingidae) provides insights into its distribution and invasiveness. Scientific Reports. 2017;7(1):635. doi: 10.1038/s41598-017-00279-5.

7. Besedina EN, Kil VI. [Molecular-genetic analysis of different species of lace bugs (Heteroptera: Tingidae) with RAPD markers]. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2019;(6):21-5. Russian. doi: 10.31676/0235-2591-2019-6-21-25.

8. Guilbert E, Damgaard J, D'Haese CA. Phylogeny of the lacebugs (Insecta: Heteroptera: Tingidae) using morphological and molecular data. Systematic Entomology. 2014;39(3):431-41. doi: 10.1111/syen.12045.

9. Golub NV, Golub VB, Kuznetsova VG. Further evidence for the variability of the 18S rDNA loci in the family Tingidae (Hemiptera, Heteroptera). Comparative cytogenetics. 2016;10(4):517-28. doi: 10.3897/CompCytogen.v10i4.9631.

10. Neimorovets VV, Shchurov VI, Bondarenko AS, et al. First documented outbreak and new data on the distribution of Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Russia. Acta Zoologica Bulgarica. 2017;9:139-42.

11. Voigt K. The first Russian record of Corythucha ciliata (Say) from Krasnodar (Heteroptera: Tingidae). Zoosystematica Rossica. 2001;10(1):76.

12. Shevchenko MI. [Pear bug (Stephanitis pyri var. sareptana Horv.) as a tree pest (Hemiptera, Tingitidae)]. Entomologicheskoe obozrenie. 1955;34(1):93-4. Russian.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_65
УДК 632.937

Инвазивные виды фитофагов семейства огневок (Pyralidae) на Черноморском побережье Кавказа*

Е. В. КАШУТИНА, Т. Н. ИГНАТЬЕВА, Л. Н. БУГАЕВА
Лазаревская опытная станция защиты растений – филиал Федерального научного центра биологической защиты растений, Сочинское шоссе, 77, пос. Лазаревское, Сочи, Краснодарский край, 354200, Российская Федерация

Резюме. В формировании энтомофауны на территории города Сочи, наряду с аборигенными видами, активное участие принимают все новые инвазивные и интродуцированные виды фитофагов и энтомофагов. Изучение ареала распространенности инвазивных вредителей сельскохозяйственных и декоративных культур в агроклиматической зоне влажных субтропиков проводили в Краснодарском крае. В последние годы к числу наиболее вредоносных инвазивных фитофагов относят представителей семейства огневок. Вредоносность самшитовой огневки – *Cydalima perspectalis* Walker. стала экологическим бедствием для Черноморского побережья Кавказа. В поисках эффективных мер борьбы с этим вредителем проводили оценку токсичности современных пестицидов в отношении самшитовой огневки. По нашим данным, наибольшую токсичность в отношении ее гусениц проявили препараты Децис профи, ВДГ, Новактион ВЭ, Шарпей, МЭ и Вертимек, КЭ, гибель от воздействия которых в 1-е сутки составляла 100 %. В 2021 г. в Сочи произошла вспышка численности нового для региона вредителя – азиатской огневки (*Haritalodes basipunctalis* Bremer). В этой зоне вредитель серьезно повреждает растения семейства Мальвовых, липы, яблоню, сливу. Предполагаемый вектор инвазии – перемещение с транспортными потоками. При проведении маршрутных обследований агробиоценозов Лазаревского района города Сочи в августе 2021 г., установлено, что вредоносность азиатской огневки выше в западной части. На ее территории отмечали полную дефолиацию у 60 % обследованных растений, тогда как в восточной части – только у 20 % растений. В условиях Сочи вредитель может давать до 3 поколений в год, поэтому необходимо проведение серьезной работы по его изучению.
Ключевые слова: инвазивные фитофаги, огневки, *Cydalima perspectalis* Walker., *Haritalodes basipunctalis* Bremer., энтомофауна, мониторинг.
Сведения об авторах: Е. В. Кашутина, кандидат технических наук, старший научный сотрудник (e-mail: kashutinaev@mail.ru); Т. Н. Игнатьева, старший научный сотрудник; Л. Н. Бугаева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник.
Для цитирования: Кашутина Е. В., Игнатьева Т. Н., Бугаева Л. Н. Инвазивные виды фитофагов семейства огневок (Pyralidae) на Черноморском побережье Кавказа // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 65–68. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_65.

**исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0003 с использованием объектов и материально-технической базы УНУ «Государственная коллекция живых энтомоакарифагов и энтомопатогенов»*

Invasive species of phytophages of the Pyralidae family on the Black Sea coast of the Caucasus

E. V. Kashutina, T. N. Ignatieva, L. N. Bugaeva
Lazarevskaya experimental plant protection station – branch of Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Sochinskoe shosse, 77, pos. Lazarevskoe, Sochi, Krasnodarskiy kray, 354200, Russian Federation

Abstract. New invasive and introduced species of phytophages and entomophages along with native species take an active part in the formation of the entomofauna on the territory of the city of Sochi. The study on the distribution of invasive pests of agricultural and ornamental crops in the humid subtropical agroclimatic zone was carried out in the Krasnodar Territory. In recent years, representatives of the Pyralidae family have been considered to be the most harmful invasive phytophages. The harmfulness of the box tree moth – *Cydalima perspectalis* Walker – became an ecological disaster for the Black Sea coast of the Caucasus. To search for effective measures against this pest, the toxicity of modern pesticides was assessed. According to the data, the drugs Decis profi, WDG; Novaktion, WE; Sharpei, ME; Vertimek, EC represented the greatest toxicity to caterpillars. The death from exposure on the first day was 100%. In 2021, in Sochi, an outbreak of a new pest for the region, the cotton leaf roller (*Haritalodes basipunctalis* Bremer) occurred in Sochi. In that zone, the pest severely damaged plants of the Malvaceae family, lindens, apple trees, and plums. The supposed vector of invasion was moving with traffic flows. When conducting route surveys of agrobiocenoses in the Lazarevsky district of Sochi in August 2021, it was found that the harmfulness of the cotton leaf roller had been higher in the western part. On this territory, complete defoliation was observed on 60% of the examined plants, while in the eastern part only on 20% of the plants. Under the conditions of Sochi, the pest can have up to 3 generations per year, so it is necessary to carry out a thorough work to study it.
Keywords: invasive phytophages; moths; *Cydalima perspectalis* Walker.; *Haritalodes basipunctalis* Bremer.; entomofauna; monitoring.
Author Details: E. V. Kashutina, Cand. Sc. (Techn.), senior research fellow (e-mail: kashutinaev@mail.ru); L. N. Bugaeva, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; T. N. Ignatieva, senior research fellow.
For citation: Kashutina EV, Ignatieva TN, Bugaeva LN [Invasive species of phytophages of the Pyralidae family on the Black Sea coast of the Caucasus]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):65-8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_65.

Экологически безопасная система защиты растений от вредителей предусматривает последовательное использование приемов и средств, способствующих оптимальному росту и развитию растений на всех этапах онтогенеза. Одно из направлений оздоровления агробиоценозов – разработка биологических методов борьбы с вредными организмами. Это особенно актуально в курортных зонах. В связи с появлением новых опасных карантинных видов фитофагов, усилением вредоносности и расширением ареала инвазивных вредителей, образовавших устойчивые, самовоспроизводящиеся популяции, актуально проведение фитосанитарного мониторинга агробиоценозов, позволяющего определить целесообразность защитных мероприятий.

Экосистемы мира сталкиваются с растущим давлением новых инвазивных чужеродных видов [1]. В случае их появления, отсутствие долгосрочных данных и быстрое распространение ставит под сомнение изученность таких видов и требует новых стратегий управления, чтобы справиться с ними [2].

В формировании энтомофауны на территории города Сочи, наряду с аборигенными, активное участие принимают все новые инвазивные и интродуцированные виды фитофагов и энтомофагов, это требует постоянного мони-

торинга фитосанитарной ситуации с целью минимизации наносимого ущерба.

В последние годы к числу наиболее распространенных и вредоносных инвазивных фитофагов относят представителей семейства огневок. Это многочисленное семейство, которое насчитывает более 6 тыс. видов насекомых. Среди них встречаются как очень мелкие, которые несмотря на это могут наносить весьма серьезный вред запасам, так и бабочки с размахом крыльев около 8,5 см. Вместе с тем существуют и виды способные приносить человеку значительную пользу [3].

Взрослая огневка – это бабочка с размахом крыльев в зависимости от видовой принадлежности насекомого от 1,1 до 8,5 см. Половозрелые особи имеют тонкое тело и сравнительно длинные ноги. На голове бабочки пара хорошо различимых несколько выпуклых глаз и усики. У самок последние нитевидные, у самцов – могут нести реснички. Ротовой орган представлен сосущим хоботком. На этой стадии развития он обычно недоразвит, у некоторых видов может быть совсем коротким либо вовсе отсутствовать. Передние крылья узкие и удлиненные либо треугольной формы, на них может располагаться срединная ячейка или несколько жилок; задние – широкие, у большинства видов закругленной формы и с короткой бахромой по краю. У женских особей некоторых видов крылья зачаточные.

Большинство бабочек огневок предпочитает вести сумеречный и ночной образ жизни. Представители этих видов окрашены преимущественно в темные тона, а основным цветом выступает серый. Но есть и такие, которые летают днем – их окраска пестрая, яркая. Насекомые, находящиеся на этой стадии развития, вследствие того, что ротовой орган и система пищеварения недоразвиты, не питаются. Существуют виды, ареалом которых служат высокогорные районы. Такие бабочки совершают вылеты даже в то время, когда довольно плотным слоем лежит снег.

Личинки огневки – небольшие гусеницы с 8, реже с 7, парами ног. Голова небольшого размера, маленькая, голая, блестящая. Тело гусеницы покрыто темными бугорками, из которых растут короткие щетинки. Вред растениям наносят личинки, они питаются листьями и бутонами, ягодами, зерновыми культурами, высушенными фруктами и др. Обитают гусеницы в земле – в корневой системе злаковых, в стручках бобовых, стеблях, молодых побегах некоторых растений и в местах хранения пищевых запасов.

В большинстве регионов России огневки развиваются в двух поколениях, в южных районах – в трех. Плодовитость одной самки – около 100 яиц. Развитие в яйце занимает примерно 7 дней, фаза личинки может длиться 2…4 недели, затем гусеница спускается в почву, где опутывает себя в кокон и окукливается.

Наиболее активное распространение огневок в нашей стране наблюдалось в дождливые годы, причем как в средней, так и в южной полосе. В 2012 г. на территории города Сочи проявилась вредоносность самшитовой огневки – *Cydalima perspectalis* Walker., что обернулось экологическим бедствием для Черноморского побережья Кавказа.

Известно, что все представители рода Cydalima распространены в пределах палеотропической зоны и их ареал довольно узок, однако самшитовая огневка имеет довольно широкий ареал, выходящий за пределы субтропических и тропических зон. Это позволило ей найти подходящие условия существования в Европе, где вид стал опасным вредителем как в субтропических, так и в зонах умеренного климата.

Самшитовая огневка – *Cydalima perspectalis* Walker., восточно-азиатский вид, который был впервые описан Ф. Уокером в 1859 г. (рис. 1). Завезен вредитель с посадочным материалом самшита вечнозеленого. Отличается высокой вредоносностью, способен в течение 7…14 дней уничтожить зеленые части растений и вызвать усыхание.

В 2014 г. ареал огневки приходился на всю территорию района, в том числе не только на декоративные посадки самшита вечнозеленого, но и на места произрастания уникального самшита колхидского, ценнейшей, ландшафтобразующей породы колхидских лесов, в том числе в Национальном парке и Кавказском Государственном биосферном заповеднике.

Быстрое распространение и высокая вредоносность огневки представляют серьезную угрозу для естественных и декоративных посадок самшита вечнозеленого. Для борьбы с вредителем используют различные методы, в том числе показана перспективность эфирных масел, извлеченных из ряда растений [4]. В последние годы объявленный на территории города Сочи режим локального ЧС позволил использовать химические средства защиты растений.

Цель исследований – уточнение видового состава инвазивных фитофагов-огнёвок, их ареала и вредоносности, а также оценка эффективности действия инсектицидов в их отношении.

Условия, материалы и методы. Мониторинг состояния ландшафтобразующих пород Черноморского побережья Краснодарского края проводили на модельных растениях, выделенных в ходе маршрутных обследований, и в травянистом покрове.

Изучение ареала и вредоносности инвазивных видов в агроклиматической зоне влажных субтропиков Черноморского побережья Краснодарского края проводили на базе Лазаревской опытной станции защиты растений –

Рис. 1. Личинка *Cydalima perspectalis* Walker. (а) и самшит (б), повреждённый вредителем (Лазаревский район г. Сочи, 2019 г.).

Рис. 2. Азиатская огневка – *Haritalodes basipunctalis Bremer* (Лазаревский район, г. Сочи, 2021 г.).

филиала ФГБНУ ФНЦБЗР с использованием фотоэклекторов для сбора подвижных фаз насекомых и устройства для учета насекомых, разработанных и запатентованных станцией (RU 110930 U1. 2011, RU 126568 U1. 2012). Выявление и идентификацию фитофагов проводили в лабораториях станции по общепринятым методикам (*Маршаков В. Г. Методические рекомендации по анализу видового состава паразитов в системе паразит-хозяин и отбору перспективных видов. Л.: ВИЗР, 1985, 67 с.*).

В ходе исследований оценивали действие препаратов из разных химических групп (неоникотиноиды – Актара ВДГ, 250 г/кг; Моспилан, РП 200 г/кг; Конфидор Экстра ВГ, 700 г/кг; фосфорорганические соединения – Новактион ВЭ, 440 г/л; пиретроиды – Децис профи ВДГ, 250 г/кг; Шарпей МЭ, 250 г/л; авермектины – Вертимек КЭ, 18 г/л) в концентрациях, рекомендованных производителями, в отношении самшитовой огневки. Гусениц фитофага обрабатывали препаратами и подсаживали на чистый корм. Во второй серии опытов при испытании пиретроидов, авермектинов и биопрепаратов (Битоксибациллин П, Фитоверм КЭ, 2 г/л; Спинтор, 240 г/л; Кинмикс МКС, 50 г/л; Карате Зеон МКС, 50 г/л) гусеницы получали их вместе с кормом. Учеты проводили в течение 3 суток. Токсичность препаратов определяли по смертности насекомых.

Токсичность современных пестицидов, разрешенных для применения на сельскохозяйственных культурах, в отношении самшитовой огневки *(C. perspecialis* Walker) оценивали в лабораториях Лазаревской опытной станции защиты растений.

Результаты и обсуждение. Наибольшую токсичность в отношении гусениц самшитовой огневки при обработке вредителей проявили препараты – Децис профи, ВДГ, Новактион, ВЭ, Шарпей, МЭ и Вертимек, КЭ. При попадании препаратов в организм гусениц с кормом гибель составляла 100 % в 1-е сутки. Пиретроидные препараты Карате Зеон (0,001 %) и Кинмикс (0,002 %) через 2 ч после обработки вызывали 100 %-ную гибель гусениц самшитовой огневки при их полной сохранности в контроле. Инсектицид из группы аверсектинов – Фитоверм, биопрепараты Битоксибациллин и Спинтор также проявили высокую (90…100 %) токсичность в отношении вредителя, но гибель гусениц отмечали в течение 24 ч. При этом сразу после обработки гусеницы прекратили питаться, отмечено срыгивание пищи, что можно объяснить не только контактным, но и кишечным действием препаратов.

В 2021 г. в Сочи произошла вспышка численности нового для региона вредителя, азиатской огневки – *Haritalodes basipunctalis* Bremer (рис. 2), которая впервые была описана Бремером О. как *Haritalodes basipunctalis* Bremer. в 1864 г. По данным Н. Яманаке (2008) [5], род *Haritalodes* включает несколько близкородственных видов, что иногда затрудняет их различение. Некоторые авторы [6] считают, что такие систематические признаки принадлежности виду, как относительная ширина вальв (широкие лопасти, входящие в состав перифаллической группы копулятивных придатков самцов насекомых) и др., относительный размер сигналов, наличие пучков крошечных шипов в vesica не могут служить надежными диагностическими критериями, позволяющими отличить *H. derogata* от *H. basipunctalis.*

Известно несколько растений-хозяев огневок, из которых наиболее важные относятся к семейству Мальвовых. При их повреждении на растениях наблюдается грубое объедание листьев, характерное для огневок, листья скручены и склеены в трубочки, внутри которых питаются гусеницы.

Семейство растений порядка Мальвоцветные включает в себя деревья, кустарники, лианы и травянистые растения – всего около 245 родов и 4465 различных видов. Представители этого семейства распространены как в северном, так и в южном полушарии, но большинство видов тропические, в арктических областях они практически

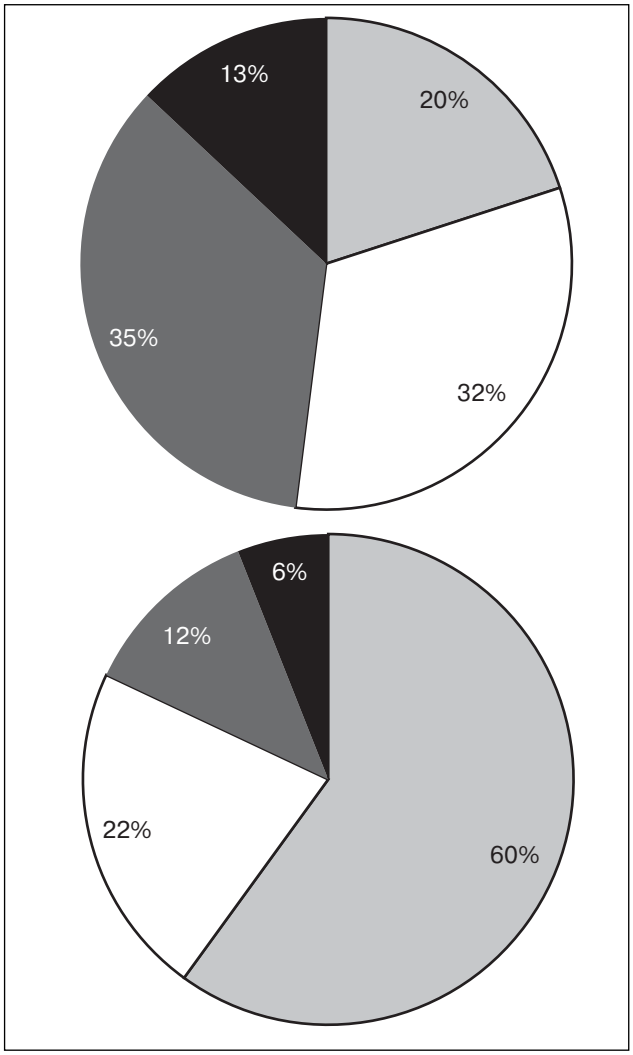


Рис. 3. Поврежденность растения гибискуса азиатской огневкой на западе (а) и юго-востоке (б) Лазаревского района г. Сочи (2021 г.): □ – листья уничтожены; □ – средняя степень повреждения; ■ – следы вредоносности; ■ – неповрежденные растений.

отсутствуют и почти не представлены в северной части лесной зоны. Самые известные представители семейства Мальвовые – абутилон, алтей, мальва (просвирник и шток-роза), бамия, кенаф, лаватера, гибискус, павония, хлопчатник. Некоторые из них служат декоративными, другие – лекарственными растениями, но есть и такие, которые объединяют в себе оба качества [7].

Мальвовые впечатляют разнообразием красок и форм, наиболее популярные виды и сорта широко используют в декоративном убранстве парков, скверов, клумб, и цветочных композиций на улицах города.

Родина нового для Сочи вредителя мальвовых – азиатской огневки – Восточная Азия, Африка, Австралия и Океания. В России представителей этого агрессивного вида отмечали только на Дальнем Востоке [2].

Проведенные маршрутные обследования позволили установить спектр трофических предпочтений нового вида в условиях влажных субтропиков Черноморского побережья Краснодарского края. Установлено, что в этой зоне вредитель питается на гибискусе сирийском (его сортах и гибридах), гибискусе изменчивом, различных видах липы. Повреждает яблоню, сливу.

Предполагаемый вектор инвазии – перемещение с транспортными потоками. Проведенные обследования показали приуроченность наибольших повреждений к федеральной трассе. На расстоянии 3…5 км от береговой линии встречаются лишь следы вредоносной деятельности огневки на растениях гибискуса, что подтверждает предположение о проникновении фитофага с увеличивающимися транспортными потоками.

Лазаревский район города Сочи, протяженностью 105 км, расположен на узкой полосе между морем и горами. По его территории проходит географическая граница климатической зоны влажных субтропиков, что определяет разницу климатических условий в его восточной (Лазаревское – Дагомыс) и западной (Лазаревское – Магри) частях. На территории Лазаревского района вредоносность огневки выше на западе. Так, из 135 обследованных 18 августа 2021 г. растений к западу от центра поселка Лазаревское, у 81 растения листья были полностью уничтожены, у 30 растений повреждение составило 50…70 %, у 16 растений оно находилось в начальной стадии (12 %) и лишь у 8 растений следы деятельности огневки отсутствовали (рис. 3). В юго-восточной части района на 19 августа из 90 обследованных растений у 18 растений (20 %) листья полностью отсутствовали, у 29 растений (32 %) были повреждены в средней степени, у 32 растения (35 %) отмечали следы вредоносности и 11 растений (13%) были «чистыми».

Выводы. В результате проведенных исследований на территории Лазаревского района выявлен видовой состав новых инвазивных огневок. Определена степень вредоносности, частота встречаемости, ареал кормовых растений *Cydalima perspectalis* Walker. и *Haritalodes basipunctalis* Bremer. Предложены эффективные препараты для борьбы с ними: Карате Зеон, Кинмикс, Децис профи, Новактион, Шарпей, Вертимек, Фитоверм, а также биопрепараты Битоксибациллин и Спинтор, обеспечивающие высокую (90…100 %) токсичность в отношении гусениц вредителей. В условиях влажных субтропиков Черноморского побережья Краснодарского края *Cydalima perspectalis* Walker. и *Haritalodes basipunctalis* Bremer. могут давать от 2 до 3 поколений в год, эти объекты требуют постоянного контроля, а также изучения биологии, экологических особенностей, ареала, выявления возможных естественных врагов.

Литература.

1. Canelles Q., Aquilue N., Brotons L., Anticipating B. sempervirens viability in front of C. perspectalis outbreaks, fire, and drought disturbances // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 810. Article 151331. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721064093?via%3Dihub (дата обращения: 18.01.2022). doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151331.

2. Стрельцов А. Н. Огневкообразные чешуекрылые (Lepidoptera Pyraloidea) Амурской области // Амурский зоологический журнал. 2017. № 4. С. 188–204.

3. Utilization of citizen science data to monitor alien species: the box tree moth Cydalima perspectalis (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) invades natural vegetation in Greece / C. Kazilas, K. Kalaentzis, J. Demetriou, et al. // BioInvasions Records. 2021. Vol. 10. No. 4. P. 1032–1044. doi: 10.3391/bir.2021.10.4.28.

4. Dynamics of phytophage invasions and peculiarities of their phenology in the parks of the south coast of the Crimea / A. K. Sharmagiy, E. B. Balykina, N. N. Trikoz, et al. // E3S Web Conferences. 2021. Vol. 254. Article 06005. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/30/e3sconf_farba2021_06005.pdf (дата обращения: 18.01.2022). doi: 10.1051/e3sconf/202125406005.

5. Yamanaka H. Revisional study of some species of the genus Haritalodes Warren (Pyralidae, Pyraustinae) from Eastern Palaearctic and Oriental Regions // Tinea. 2008. Vol. 20. No. 4. P. 243–252.

6. Hosseini Tabesh B., Alipanah H., Sahragard A. First record of Haritalodes derogata (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) // Iran Crop Protection. 2015. Vol. 4. No. 2. P. 167–171. URL: http://jcp.modares.ac.ir/article-3-11613-en.html (дата обращения: 12.02.2022).

7. Артюхова А. В., Сорокопудова О. А. Интодукция сортов гибискуса травянистого в условиях Московской области // Садоводство и виноградорство. 2017. № 3. С. 49–53.

References

1. Canelles Q, Aquilue N, Brotons L. Anticipating B. sempervirens viability in front of C. perspectalis outbreaks, fire, and drought disturbances. Science of the Total Environment [Internet]. 2022 [cited 2022 Jan 18];810: Article 151331. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721064093?via%3Dihub. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151331.

2. Strel'tsov AN. [Lepidoptera Pyraloidea of the Amur Region]. Amurskii zoologicheskii zhurnal. 2017;(4):188-204. Russian.

3. Kazilas C, Kalaentzis K, Demetriou J, et al. Utilization of citizen science data to monitor alien species: the box tree moth Cydalima perspectalis (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) invades natural vegetation in Greece. BioInvasions Records. 2021;10(4):1032-44. doi: 10.3391/bir.2021.10.4.28.

4. Sharmagiy AK, Balykina EB, Trikoz NN, et al. Dynamics of phytophage invasions and peculiarities of their phenology in the parks of the south coast of the Crimea. E3S Web Conferences [Internet]. 2021 [cited 2022 Jan 18];254: Article 06005. Available from: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/30/e3sconf_farba2021_06005.pdf. doi: 10.1051/e3sconf/202125406005.

5. Yamanaka H. Revisional study of some species of the genus Haritalodes Warren (Pyralidae, Pyraustinae) from Eastern Palaearctic and Oriental Regions. Tinea. 2008;20(4):243-52.

6. Hosseini Tabesh B, Alipanah H, Sahragard A. First record of Haritalodes derogata (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae). Iran Crop Protection [Internet]. 2015 [cited 2022 Feb 12];4(2):167-71. Available from: http://jcp.modares.ac.ir/article-3-11613-en.html.

7. Artyukhova AV, Sorokopudova OA. [Introduction of varieties of herbaceous hibiscus under the conditions of the Moscow region]. Sadovodstvo i vinogradorstvo. 2017;(3):49-53. Russian.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_69
УДК 632.51:632.95:633.853.52

Противодвудольный гербицид Флекс, ВР для защиты посевов сои в Краснодарском крае*

А. П. САВВА, Т. Н. ТЕЛЕЖЕНКО, В. А. СУВОРОВА, С. С. КОВАЛЕВ
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Резюме. Исследования с целью изучения биологической и хозяйственной эффективности нового гербицида Флекс, ВР (250 г/л фомесафена) на посевах сорта сои Бара проводили в 2017–2018 гг. в Краснодарском крае. Полевые эксперименты закладывали в соответствии с рекомендациями по испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. Почвенный покров опытных участков – чернозем выщелоченный. Площадь делянки 25 м^2 повторность – четырехкратная, расположение вариантов – рендомизированное. Схема опыта предполагала применение препарата в нормах 1,2, 1,4, 1,6 и 1,8 л/га, эталон –Базагран, ВР в нормах 1,5 и 3,0 л/га, контроль – без гербицидов. Обработку посевов проводили в фазе 2...3 тройчатых листьев сои. Исходная засоренность фитоценозов культуры составляла в среднем 60 экз./м^2. Эффективность препаратов оценивали по снижению численности и массы сорняков, а также по изменению урожайности семян культуры, в сравнении с контролем. Все виды сорных растений, присутствовавшие в посевах (марь белая, щирица запрокинутая, дурнишник обыкновенный и амброзия полыннолистная), проявили высокую чувствительность к препарату. В вариантах с использованием гербицида Флекс, ВР в нормах 1,2...1,8 л/га отмечали 80...100 %-ный гербицидный эффект без отрицательного действия на культуру и достоверную прибавку урожая семян сои 62,7...75,2 %, по отношению к контролю. Результаты исследований свидетельствуют о высокой биологической и хозяйственной эффективности гербицида Флекс, ВР в защите посевов сои от двудольных сорных растений.

Ключевые слова: гербицид, препарат, сорная растительность, эффективность, соя (*Glycine max.* L.), урожайность.

Сведения об авторах: А. П. Савва, кандидат биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: savap53@mail.ru); Т. Н. Тележенко, научный сотрудник; В. А. Суворова, младший научный сотрудник; С. С. Ковалев, младший научный сотрудник.

Для цитирования: Противодвудольный гербицид Флекс, ВР для защиты посевов сои в Краснодарском крае / А. П. Савва, Т. Н. Тележенко, В. А. Суворова и др.// Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 69–73. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_69.

**исследования выполнены согласно Госзадания Министерства науки и высшего образования РФ по теме № FGRN-2022-0001*

Anti-dicotyledonous herbicide Flex, AS for the protection of soybean crops in the Krasnodar Territory

A. P. Savva, T. N. Telezhenko, V. A. Suvorova, S. S. Kovalev
Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. The study aimed to examine the biological and economic efficiency of the new herbicide Flex, AS (250 g/L fomesafen) in Bara soybean crops was carried out in 2017–2018 in the Krasnodar Territory. Field experiments were set up according to the recommendations for herbicide testing in agriculture. The topsoil of the experimental field was leached chernozem. The area of the plot was 25 m2, the experiment was repeated four times, the distribution of the variants was randomised. The experiment design involved the use of the preparation at rates of 1.2, 1.4, 1.6 and 1.8 L/ha, the standard was Bazagran, AS at rates of 1.5 and 3.0 L/ha, the control was without herbicides. The crop cultivation was carried out in the phase of 2-3 trifoliate soybean leaves. The initial infestation of crop phytocenoses averaged 60 pcs/m2. The effectiveness of the preparations was evaluated by reducing the number and weight of the weeds, as well as changing the yield of the crop seeds, compared to the control. All types of weeds presented in the crops (*Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Xanthium strumarium, Ambrosia artemisiifolia*) showed high sensitivity to the preparation. In the variants with herbicide Flex, AS use at the rate of 1.2–1.8 L/ha, 80–100% herbicidal effect was noted without a negative effect on the crop and a significant increase in soybean seed yield of 62.7–75.2%, in comparison with the control. The results reveal the high biological and economic efficiency of the Flex, AS herbicide in protecting soybean crops from dicotyledonous weeds.

Keywords: herbicide; preparation; weeds; efficiency; soybean (*Glycine max*. L.); yield.

Author Details: A. P. Savva, Cand. Sc. (Biol.), head of laboratory (e-mail: savap53@mail.ru); T. N. Telezhenko, research fellow; V. A. Suvorova, junior research fellow; S. S. Kovalev, junior research fellow.

For citation: Savva AP, Telezhenko TN, Suvorova VA, et al. [Anti-dicotyledonous herbicide Flex, AS for the protection of soybean crops in the Krasnodar Territory]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):69-73. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_69.

Соя (*Glycine max* (L.) Merr., 1917) – ценная и перспективная культура, используемая в разных отраслях экономики. Высокое содержание белка и жира, биологическая и пищевая ценность семян сои позволяет ей занять лидирующее место среди зернобобовых культур. Посевные площади сои в мире, по данным ФАО, постоянно увеличиваются [1].

Соя, обогащая почву азотом, служит важным предшественником для последующих сельскохозяйственных культур в севообороте.

В Краснодарском крае площадь посевов этой культуры в 2021 г. превысила 150 тыс. га, средний урожай семян – 1,88 т/га [2]. Средняя мировая урожайность культуры составляет 2,08 т/га [3].

Размеры урожая семян сои в основном зависят от биологического потенциала сорта, метеоусловий, агротехнологии выращивания культуры, фитосанитарной обстановки в посевах [4].

Сорные растения выступают главным фактором, оказывающих негативное воздействие на рост и развитие сои, а в последующем на урожайность и качество продукции культуры. Вредоносность сорной растительности зависит, прежде всего, от видового состава и запаса их семян в почве [5], времени появления всходов по отношению к культуре и метеорологических условий окружающей среды в период вегетации [6].

Первоначально растения сои развиваются медленно и плохо конкурируют с сорняками за элементы

питания, влагу и свет. Этот период для культуры представляется критическим и потери урожая могут достигать 80 % [7].

Кроме того, сорняки служат базой для создания благоприятных условий развития и распространения вредителей и болезней на культурных растениях. Они затрудняют и удорожают уход за посевами и проведение уборочных работ.

В этой связи борьба с сорной растительностью выступает необходимым элементом технологии выращивания сои. Снижение конкуренции сорняков возможно с использованием механического, биологического и химического методов. Последний, основанный на применении различных гербицидов, широко используют для защиты посевов сои [8]. Его высокая эффективность и быстрая окупаемость, в сравнении с другими методами борьбы с сорными растениями, обеспечили широкое применение гербицидов практически во всем мире [9].

В последние годы ассортимент препаратов для борьбы с двудольными сорняками в посевах сои в основном представлен препаратами на основе бентазона. В России в 2021 г. зарегистрировано 20 таких гербицидов (*Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации: Справочное издание. М.: АНО «Редакция журнала «Защита и карантин растений». 2021. 816 с.*).

Поиск и скрининг новых эффективных средств химической защиты растений продолжается путем направленного создания современных препаратов на основе индивидуальных соединений и представляется перспективным направлением их совершенствования [10]. При этом главным требованием к новым гербицидам, наряду с высокой биологической эффективностью в отношении сорняков, выступает безопасность для теплокровных и окружающей среды.

ООО «Сингента» создала новый селективный послевсходовый гербицид Флекс, ВР для контроля в посевах сои двудольных сорняков, в том числе канатника Теофраста, амброзии полыннолистной, дурнишника (виды), акалифы, коммелины и др. Сведения об испытании этого препарата для защиты посевов сои в Краснодарском крае отсутствуют.

Цель исследований – изучить биологическую и хозяйственную эффективность однокомпонентного гербицида Флекс, ВР в посевах сои в условиях Краснодарского края.

В задачи исследований входило определение влияния изучаемого препарата на общую засоренность посевов сои и отдельные виды сорных растений, установление степени его безопасности для культуры и оценка хозяйственной продуктивности.

Условия, материалы и методы. Полевые испытания проводили в течение 2 лет (2017–2018 гг.) в посевах сорта сои Бара в полевых условиях на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (г. Краснодар).

Климат равнинной части Краснодарского края по температурному режиму – умеренно-континентальный. В течение всего года происходят резкие месячные и сезонные колебания температур. Средняя температура воздуха в январе – -3...-5 °С, в июле – +22...+24 °С, общее количество атмосферных осадков за год варьирует в пределах 400...600 мм (см. рисунок).

Вегетационный период 2017 г. по температурному режиму был близким к норме, за исключением июля, когда температура воздуха превышала ее на 5 °С. Сумма атмосферных осадков в мае был в 3,1 раза выше, а в августе – в 2,8 раза ниже нормы. В июне и июле среднемесячное количество осадков находилось на уровне средних многолетних значений.

Вегетационный сезон май–август 2018 г., в сравнении со средними многолетними значениями, был более теплым и засушливым. В этот период среднемесячные температуры воздуха превышали норму в среднем на 10 °С. Одновременно отмечали высокий дефицит атмосферных осадков, что в конечном результате оказало отрицательное действие на урожайность культуры.

Технология выращивания сои в опыте типичная для зоны Краснодарского края. После уборки урожая

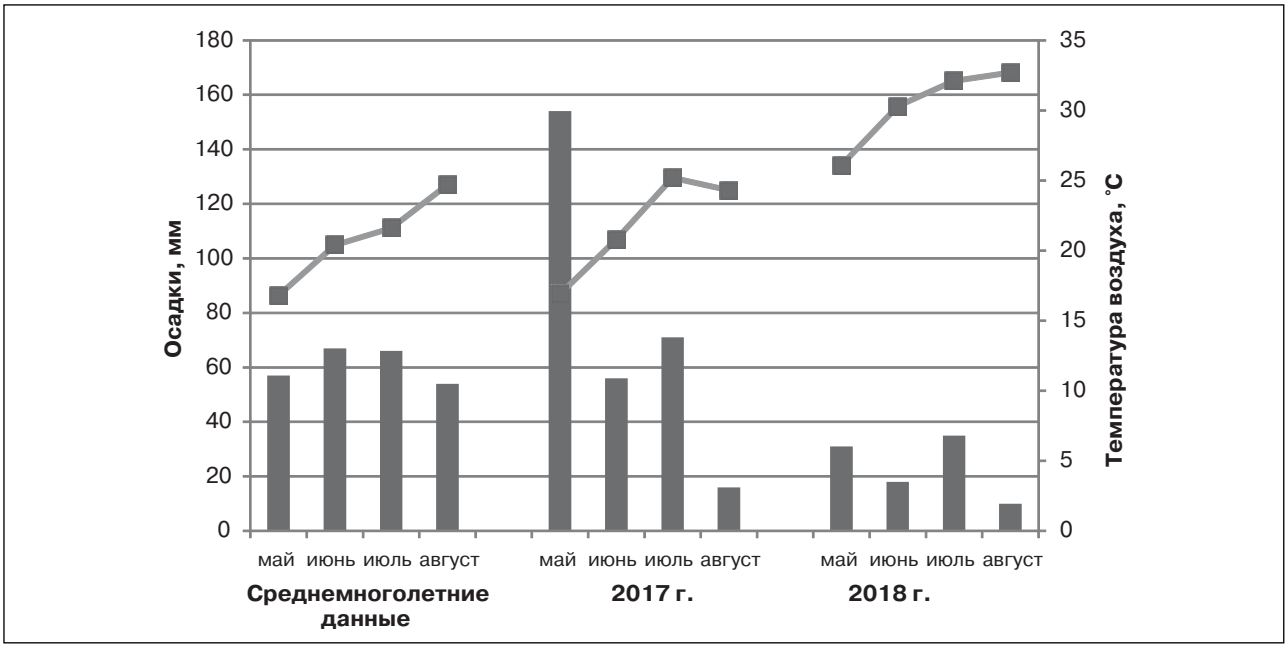


Рисунок. Климатограмма метеорологических условий вегетационных сезонов 2017 и 2018 гг.: – сумма атмоферных осадков, мм; – среднесуточная температура воздуха, °С.

предшественника (озимая пшеница) провели дискование стерни с последующей осенней вспашкой, весной – боронование и предпосевную культивацию. Посев сорта сои Бара осуществляли в первой декаде мая. Норма высева – 360 тыс. шт./га. В первоначальный период вегетации культуры выполняли междурядную культивацию.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, легкосуглинистый по гранулометрическому составу с содержанием гумуса – 3,39 %, реакция почвенного раствора близка к нейтральной ($pH_{водн}$ – 6,9 ед). Обеспеченность подвижным фосфором и калием (по Чирикову) – очень высокая (соответственно более 240 и 200 мг/кг). Сорный агроценоз в проводимых экспериментах был в основном представлен однолетними двудольными видами – марью белой (*Chenopodium album* L.), щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus* L.), дурнишником обыкновенным (*Xanthium strumarium* L.) и амброзией полынолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.).

Удаление нецелевых объектов (злаковые сорняки) испытываемого гербицида в опытах проводили фоновой обработкой граминицидом Зеллек-супер, ВР (0,5 л/га).

В экспериментах использовали гербицид Флекс, ВР, содержащий в своем составе 250 г/л фомесафена в виде натриевой соли, и в качестве эталона Базагран, ВР. Внесение препаратов проводили в фазе 2...3 тройчатых листьев сои, с использованием ручного опрыскивателя марки «PULVEREX», снабженного двухметровой штангой с щелевыми распылителями TEEJET 11002 VS, согласно предложенной производителем схеме опыта, которая предусматривала применений испытываемого гербицида Флекс, ВР в нормах 1,2, 1,4, 1,6 и 1,8 л/га, эталонный препарат Базагран, ВР в нормах 1,5 и 3,0 л/га, а также контроль (без гербицидов).

Общая площадь делянки – 25 м^2, повторность четырехкратная при рендомизированном размещении вариантов. Расход рабочей жидкости – из расчета 200 л/га.

Опыты проводили в соответствии с действующими методическими указаниями [11]. Учеты засоренности выполняли в четыре срока: первый – до внесения гербицидов с определением видовой принадлежности сорных растений (исходная засоренность), плотности засоренности и их фазы роста и развития; второй и третий – через 30 и 45 дней после обработки осуществляли количественно-весовым методом, при этом учитывали количество сорняков по видам и определяли сырую надземную биомассу сорных растений; четвертый – непосредственно перед уборкой урожая (количественный).

Учет урожая сои выполняли при уборке прямым комбайнированием (ХЕГЕ-125) опытных делянок каждого варианта и повторности опыта с последующим взвешиванием и определением урожайности. Биологическую и хозяйственную эффективность гербицидов оценивали по снижению засоренности посевов сои и по урожаю культуры, по сравнению с контролем. Полученные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа с использованием программы MS EXEL.

Результаты и обсуждение. При закладке полевых экспериментов посевы сои в основном были засорены типичными для Краснодарского края двудольными видами (в среднем): амброзия полыннолистная – 15 экз./м^2, щирица запрокинутая – 20 экз./м^2, марь белая – 12 экз./м^2 и дурнишник обыкновенный – 10 экз./м^2. Общее их количество в контроле спустя 30 дней после применения гербицидов составляло 55,9 экз./м^2, сырая надземная биологическая масса – 814 г/м^2, при учете на 45 день количество сорных растений примерно было на том же уровне, а их биомасса увеличилась до 1236 г/м^2.

Флекс, ВР продемонстрировал высокую гербицидную активность в отношении однолетних двудольных сорных растений (табл. 1). Его использование в норме 1,2 л/га на посевах сои в фазе 2...3 тройчатых листьев обеспечило снижение общего количества сорняков до конца вегетации культуры, в сравнении с контролем (без гербицидов), на 80,4...84,4 %. При

Таблица 1. **Влияние гербицида Флекс, ВР на общую засоренность посевов сои (среднее за 2017–2018 гг.)**

Вариант	*Номер учета*	*Количество сорных растений*		*Масса сорных растений*	
		экз./м^2	*снижение, % к контролю*	*г/м^2*	*снижение, % к контролю*
Флекс, ВР – 1,2 л/га	2	8,7	84,4	104	87,2
	3	9,6	82,5	188	84,8
	4	10,3	80,8	–	–
Флекс, ВР – 1,4 л/га	2	4,6	91,8		94,5
	3	5,7	89,6	94	92,4
	4	6,5	87,9	–	–
Флекс, ВР – 1,6 л/га	2	1,3	97,7	12	98,5
	3	1,8	96,5	36	97,1
	4	2,3	95,7	–	–
Флекс, ВР – 1,8 л/га	2	0	100,0	0	100,0
	3	0	100,0	0	100,0
	4	0	100,0	–	–
Базагран, ВР (эталон) – 1,5 л/га	2	12,6	77,5	165	79,7
	3	13,7	75,0	294	76,2
	4	14,8	72,4	–	–
Базагран, ВР (эталон) – 3,0 л/га	2	0	100,0	0	100,0
	3	0	100,0	0	100,0
	4	0	100,0	–	–
Без гербицидов (контроль)	2	55,9	–	814	–
	3	54,8	–	1236	–
	4	53,6	–	–	–

Таблица 2. **Влияние гербицида Флекс, ВР на отдельные виды сорняков в посевах сои (среднее за 2017–2018 гг.), % к контролю**

Вариант	*Учет*	*Снижение количества сорных растений*			
		Ambrosiaar-temisiifolia	*Amaranthus-retroflexus*	*Chenopodi-um album L.*	*Xanthium strumarium L.*
Флекс, ВР – 1,2 л/га	2	83,9	87,4	80,8	84,7
	3	82,1	85,6	78,8	81,1
	4	79,7	84,2	75,7	80,6
Флекс, ВР – 1,4 л/га	2	90,9	94,9	87,5	91,8
	3	89,3	93,3	84,7	89,5
	4	87,0	92,1	82,6	86,0
Флекс, ВР – 1,6 л/га	2	96,5	100,0	93,3	100,0
	3	94,3	100,0	91,5	100,0
	4	92,8	100,0	88,7	100,0
Флекс, ВР – 1,8 л/га	2	100,0	100,0	100,0	100,0
	3	100,0	100,0	100,0	100,0
	4	100,0	100,0	100,0	100,0
Базагран, ВР (эталон) – 1,5 л/га	2	76,9	82,3	72,5	74,4
	3	75,0	80,5	69,5	70,5
	4	72,5	78,9	65,2	67,7
Базагран, ВР (эталон) – 3,0 л/га	2	100,0	100,0	100,0	100,0
	3	100,0	100,0	100,0	100,0
	4	100,0	100,0	100,0	100,0
Без гербицидов* (контроль)	2	14,3	19,8	12,0	9,8
	3	14,0	19,5	11,8	9,5
	4	13,8	19,0	11,5	9,3

** в контроле представлена численность сорняков, экз./м^2*

этом подавление сырой надземной биологической массы через 30 и 45 дней после применения препарата составило 80,2 и 84,8 % соответственно. Гербицидное действие в этом варианте несколько превосходило результаты использования эталона Базагран, ВР в норме 1,5 л/га.

Повышение норм применения препарата Флекс, ВР приводило к увеличению гербицидной активности и в нормах 1,6 и 1,8 л/га отмечали сублетальный и летальный эффект в отношении однолетних двудольных сорных растений. Аналогичный эффект наблюдали от использования 3,0 л/га эталонного гербицида Базагран, ВР.

Все виды сорных растений, произрастающие на экспериментальных делянках, проявили высокую чувствительность к препарату Флекс, ВР (табл. 2). По степени ее уменьшения при минимальной норме применения гербицида (1,2 л/га) сорные растения можно расположить в следующей последовательности: щирица запрокинутая (84,2...87,4 %); дурнишник обыкновенный (80,6...84,7 %); марь белая (75,7...80,8 %); амброзия полыннолистная (79,7...83,9 %). По мере повышения нормы препарата различия постепенно нивелировались и в варианте с максимальной нормой полностью исчезали.

Первые визуально видимые симптомы гербицидного действия Флекс, ВР на сорные растения наблюдали спустя сутки после обработки в виде светлых и бурых пятен на листьях. В дальнейшем токсическое действие препарата усиливалось и проявлялось в засыхании листьев, появлении некротических пятен на стеблях, угнетении точки роста и отмирании всего растения. Полная гибель сорняков в зависимости от фазы их роста и развития, а также сложившихся метеоусловий наступала через 3...5 суток после применения гербицида.

Согласно результатам оценки безопасности препарата для растений сои, через сутки после применения Флекс, ВР на листьях растений культуры отмечали ожоги в виде бурых и желтых пятен, незначительное подсыхание краев листьев. Эти признаки фитотоксического действия гербицида для культуры наиболее отчетливо проявлялись при максимальных нормах применения и слабо, или вообще отсутствовали, в вариантах с минимальными. При этом повреждения точек роста растений культуры не отмечали. По мере роста и развития сои признаки отрицательного воздействия препарата постепенно исчезали и не проявлялись на новых листьях. Визуально растения сои на опытных делянках, вплоть до уборки урожая, не отличались от контрольных.

Средняя урожайность семян в варианте без применения гербицидов составляла 1,61 т/га. В опытах отмечали статистически достоверное увеличение

Таблица 3. **Урожайность сои при применении гербицида Флекс, ВР**

Вариант	*Урожайность, т/га*		*Средняя урожайность*	
	2017 г.	*2018 г.*	*т/га*	*% к контролю*
Флекс, ВР – 1,2 л/га	2,75	2,49	2,62	162,7
Флекс, ВР – 1,4 л/га	2,81	2,56	2,69	167,1
Флекс, ВР – 1,6 л/га	2,87	2,63	2,75	170,8
Флекс, ВР – 1,8 л/га	2,93	2,70	2,82	175,2
Базагран, ВР (эталон) – 1,5 л/га	2,68	2,41	2,55	158,4
Базагран, ВР (эталон) – 3,0 л/га	2,91	2,68	2,80	173,9
Без гербицидов (контроль)	1,68	1,54	1,61	100,0
$НСР_{05}$	0,14	0,11		

урожайности культуры. Применение гербицида Флекс, ВР в нормах 1,2...1,8 л/га позволило сформировать прибавки урожая, которые составили 62,7...75,2 % к его величине в варианте без гербицидов (табл. 3).

Результаты наших исследований хорошо согласуются с данными, полученными при испытании гербицида Флекс, ВР в посевах сои в условиях Приморского края, где его применение в нормах 1,25 и 1,5 л/га при достижении культурой фазы развития 2 тройчатых листа обеспечивало высокую гербицидную активность в отношении двудольных однолетних и многолетних видов сорных растений [12].

Выводы. В результате проведенных испытаний на посевах сои установлена высокая (80...100 %) биологическая эффективность обработки препаратом Флекс, ВР в нормах 1,2...1,8 л/га против двудольных сорняков (марь белая, дурнишник обыкновенный, амброзия полыннолистная и щирица запрокинутая).

Применение гербицида позволило снизить конкуренцию сорных растений, в результате чего было дополнительно собрано 62,7...75,2 % урожая семян сои, в сравнении с вариантом без использования химических средств защиты растений (контроль).

Литература.

1. Гатаулина Г. Г., Белышкина М. Е. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 8. С. 5–11.

2. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии): сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Федеральная служба государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. 2021. URL: https://krsdstat.gks.ru/folder/88544/document/131027 (дата обращения 14.02.2022).

3. Mourtzinis S., Conley S. P. Delineating soybean maturity groups across the United States // Agronomy. 2017. Vol. 109. No. 4. P. 1397–1403. doi: 10.2134/agronj2016.10.0581.

4. Adaptability and stability analysis of soybean genotypes using toler and centroid methods / R. L. Hamawaki, O. T. Hamawaki, A. P. Nogueira, et al. // Plant Sciences. 2015. No. 6. P. 1509–1518. doi: 10.4236/ajps.2015.69150.

5. Dynamics of weeds in the soil seed bank: a hidden markov model to estimate life history traits from standing plant time series / B. Borgy, X. Reboud, N. Peyrard, et al. // PLOS One. 2015. Vol. 10. No. 10. Article e0139278. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0139278 (дата обращения 20.02.2022).

6. Alebrahim M. T. Predicting emergence of the most important weed species in soybean (Glycine max L.) under different management operation // Plant protection. 2017. Vol. 31. No. 2. P. 322–336.

7. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance / B. A. Fenta, S. E. Beebe, K. J. Kunert, et al. // Agronomy. 2014. No. 4. P. 418–435. doi: 10.3390/agronomy4030418.

8. Young S. L. True integrated weed management // Weed research. 2012. Vol. 52. No. 2. P. 107–111. doi: 10.1111/j.1365-3180.2012.00903.x.

9. Walsh M., Chauhan B. S. A new approach to weed control in cropping systems // Jugulam M. Biology, physiology and molecular biology of weeds. CRC Press, 2017. 18 p. URL: https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781315121031/biology-physiology-molecular-biology-weeds-mithila-jugulam?refId=eba4c7f6-784d-493d-ae47-c3d50438181d&context=ubx (дата обращения 20.02.2022).

10. Спиридонов Ю. Я., Жемчужин С. Г. Современное состояние проблемы изучения применения гербицидов (Обзор публикаций за 2011–2013 гг.) // Агрохимия. 2016. № 5. С. 76–85.

11. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. Спб.: ВИЗР, 2013. 280 с.

12. Результаты испытаний нового гербицида Флекс в посевах сои в Приморском крае / В. Н. Мороховец, Т. В. Мороховец, Т. В. Штерболова и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 16–26. doi: 10.26898/0370-8799-2019-2-2.

References

1. Gataulina GG, Belyshkina ME. [Soybean and other legumes: To import or to produce?]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017;31(8):5-11. Russian.

2. Upravlenie Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Krasnodarskomu krayu i Respublike Adygeya [Office of the Federal State Statistics Service for the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea] [Internet]; 1999-2022. [Bulletins on the state of agriculture (electronic versions): Agriculture, hunting and forestry]; 2021 [cited 2022 Feb 14]. Available from: https://krsdstat.gks.ru/folder/88544/document/131027. Russian.

3. Mourtzinis S, Conley SP. Delineating soybean maturity groups across the United States. Agronomy. 2017;109(4):1397-403. doi: 10.2134/agronj2016.10.0581.

4. Hamawaki RL, Hamawaki OT, Nogueira AP, et al. Adaptability and stability analysis of soybean genotypes using toler and centroid methods. Plant Sciences. 2015;(6):1509-18. doi: 10.4236/ajps.2015.69150.

5. Borgy B, Reboud X, Peyrard N, et al. Dynamics of weeds in the soil seed bank: a hidden markov model to estimate life history traits from standing plant time series. PLOS One [Internet]. 2015 [cited 2022 Feb 20];10(10): Article e0139278. Available from: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0139278.

6. Alebrahim MT. Predicting emergence of the most important weed species in soybean (Glycine max L.) under different management operation. Plant protection. 2017;31(2):322-36.

7. Fenta BA, Beebe SE, Kunert KJ, et al. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance. Agronomy. 2014;(4):418-35. doi: 10.3390/agronomy4030418.

8. Young SL. True integrated weed management. Weed research. 2012;52(2):107-11. doi: 10.1111/j.1365-3180.2012.00903.x.

9. Walsh M, Chauhan BS. A new approach to weed control in cropping systems. In: Jugulam M, editor. Biology, physiology and molecular biology of weeds. CRC Press; 2017. 18 p. Available from: https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781315121031/biology-physiology-molecular-biology-weeds-mithila-jugulam?refId=eba4c7f6-784d-493d-ae47-c3d50438181d&context=ubx.

10. Spiridonov YuYa, Zhemchuzhin SG. [The current state of the problem of studying the use of herbicides (Review of publications for 2011–2013)]. Agrokhimiya. 2016;(5):76-85. Russian.

11. Dolzhenko VI, editor. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam gerbitsidov v sel'skom khozyaistve [Guidelines for registration testing of herbicides in agriculture]. St. Petersburg: VIZR; 2013. 280 p. Russian.

12. Morokhovets VN, Morokhovets TV, Shterbolova TV, et al. [Test results of the new herbicide Flex in soybean crops in Primorsky Krai]. Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019;49(2):16-26. Russian. doi: 10.26898/0370-8799-2019-2-2.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_74
УДК 631.16:631.526.32:631.531.046:581.13(571.15)

Формирование продуктивности и качества зерна сортов ярового ячменя в зависимости от норм высева и уровня азотного питания в лесостепи Алтайского края

Ж. В. КУЗИКЕЕВ, В. А. БОРАДУЛИНА, Г. М. МУСАЛИТИН, А. П. КУЗИКЕЕВА
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, пос. Научный городок, 35, Барнаул, 656910, Российская Федерация

Резюме. Исследования проведены с целью выявления особенностей формирования продуктивности и качественных показателей зерна ярового ячменя в зависимости от норм высева и уровня азотного питания в условиях лесостепи Алтайского края. Работу выполняли в трехфакторном полевом эксперименте в 2018–2020 гг. Схема опыта предусматривала изучение четырех сортов ярового ячменя (фактор А – Алей, Алтайский 10, Ворсинский 2, Салаир); трех фонов азотных удобрений (фактор В – 0, 30 и 45 кг д.в. на 1 га) и трех норм высева (фактор С – 3, 4 и 5 млн всхожих семян на 1 га). Предшественник – яровая пшеница. Применение азотных удобрений в дозах 30 и 45 кг д.в. способствовало увеличению продуктивной кустистости на 0,24 и 0,45 ед., озерненности колоса – на 0,6 и 0,3 шт., массы зерна с растений – на 11,6 и 20,1 % соответственно, в сравнении с неудобренным фоном. При внесении перед посевом аммиачной селитры в максимальной в опыте дозе ячмень формирует зерно с более высоким содержанием белка (12,5 %), чем при N_{30} (11,7 %) и N_0 (11,9 %). Применение N_{30} и N_{45} в среднем по сортам обеспечивало значительное, по отношению к контролю, увеличение урожайности на 0,46 и 0,60 т/га соответственно. Наиболее эффективными сочетаниями норм высева и доз удобрений для конкретных сортов были: Алей – 4 млн шт./га и N_{30}, обеспечивающая урожайность зерна 4,82 т/га при окупаемости удобрений 14,7 кг/га; Алтайский 10 – 4 млн шт./га и N_{45} (5,23 т/га и 23,1 кг/га); Ворсинский 2 – 4 млн шт./га и N_{30} (4,44 т/га и 14,7 кг/га); Салаир – 3 млн шт./га и N_{45} (4,50 т/га и 10,2 кг/га).
Ключевые слова: ячмень (*Hordeum vulgare* L.), сорт, генотип, азотные удобрения, нормы высева, продуктивное кущение, озерненность колоса, белок, натура зерна, урожайность.
Сведения об авторах: Ж. В. Кузикеев, научный сотрудник (e-mail: kusikeev@mail.ru); В. А. Борадулина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; Г. М. Мусалитин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; А. П. Кузикеева, научный сотрудник.
Для цитирования: Формирование продуктивности и качества зерна сортов ярового ячменя в зависимости от норм высева и уровня азотного питания в лесостепи Алтайского края / Ж. В. Кузикеев, В. А. Борадулина, Г. М. Мусалитин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 74–78. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_74.

Formation of productivity and grain quality of spring barley varieties depending on the seeding rates and the level of nitrogen nutrition in the forest-steppe of the Altai Territory

Zh. V. Kuzikeev, V. A. Boradulina, G. M. Musalitin, A. P. Kuzikeeva
Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Nauchny gorodok, 35, Barnaul, 656910, Russian Federation

Abstract. The research aimed to identify the formation features of productivity and quality indicators of spring barley grain, depending on the seeding rates and the level of nitrogen nutrition under the conditions of the forest-steppe of Altai Territory. The work was performed in a three-factor field experiment in 2018–2020. The experimental design included the study of four spring barley varieties (factor A – *Alej, Altaiskij 10, Vorsinskij 2, Salair*); three backgrounds of nitrogen fertilizers (factor B – 0, 30 and 45 kg of active substance (AS) per 1 ha) and three seeding rates (factor C – 3, 4 and 5 million viable seeds per 1 ha). The forecrop was spring wheat. The use of nitrogen fertilizers in doses of 30 and 45 kg AS contributed to an increase in productive bushiness by 0.24 and 0.45 units, ear grain content – by 0.6 and 0.3 units, grain mass from plants – by 11.6 and 20.1%, respectively, compared to the unfertilized background. When ammonium nitrate was applied before sowing at the maximum dose in the experiment, barley formed grain with a higher protein content (12.5%) than with N30 (11.7%) and N0 (11.9%). The use of N30 and N45 on average for the varieties provided a significant, in relation to the control, increase in the yield by 0.46 and 0.60 t/ha, respectively. The most effective combinations of seeding rates and fertilizer doses for specific varieties were: *Alej* – 4 million seeds/ha and N30, which provides a grain yield of 4.82 t/ha with a payback of fertilizers of 14.7 kg/ha; *Altaiskij 10* – 4 million seeds/ha and N45 (5.23 t/ha and 23.1 kg/ha); *Vorsinskij 2* – 4 million seeds/ha and N30 (4.44 t/ha and 14.7 kg/ha); *Salair* – 3 million seeds/ha and N45 (4.50 t/ha and 10.2 kg/ha).
Keywords: barley (*Hordeum vulgare* L.); variety; genotype; nitrogen fertilizers; seeding rates; productive tillering; ear grain content; protein; grain unit; yield.
Author details: Zh. V. Kuzikeev, research fellow (e-mail: kusikeev@mail.ru); V. A. Boradulina, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; G. M. Musalitin, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; A. P. Kuzikeeva, research fellow.
For citation: Kuzikeev ZhV, Boradulina VA, Musalitin GM, et al. [Formation of productivity and grain quality of spring barley varieties depending on the seeding rates and the level of nitrogen nutrition in the forest-steppe of the Altai Territory]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):74-8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_74.

Агроклиматические условия Алтайского края позволяют в значительных объемах выращивать зерно основных сельскохозяйственных культур, в том числе и ярового ячменя. Ячмень относительно неприхотлив как в отношении плодородия почвы, так и климата. По сравнению с другими зерновыми культурами, у него меньшая продолжительность вегетационного периода, он более технологичен, достаточно засухоустойчив и обладает хорошей отзывчивостью на улучшения условий произрастания [1].

Яровой ячмень обладает высоким коэффициентом размножения, но для полного проявления генетического потенциала необходимо создать оптимальные условия для роста и развития растений [2].

Приоритетной задачей современного растениеводства выступает повышение и сохранение урожайности и качественных показателей зерна сельскохозяйственных растений. Достичь этого можно, в том числе, благодаря совершенствованию и оптимизации агротехнологий, которые, в свою очередь, должны соответствовать потенциалу сортов [3, 4].

Значительное влияние на урожайность и технологические свойства зерна сельскохозяйственных культур оказывают все элементы технологии возделывания, такие как норма высева, применение удобрений, сроки посева, защита растений, глубина заделки семян и др., которые в свою очередь зависят от морфологии растений, цели возделывания, биологических особенностей сорта и почвенно-климатических условий зоны [5, 6, 7].

Однако каждый сорт имеет специфическую реакцию на агротехнические и агроклиматические факторы, поэтому

важно знать, как отдельные элементы технологии влияют на элементы структуры урожая, качество зерна и на продуктивность ячменя [8, 9, 10].

Для колосовых культур, таких как ячмень, к элементам структуры урожая относятся продуктивная кустистость, озерненность колоса, масса зерна с растения, масса 1000 зерен и др., которые вносят совместный вклад в урожайность растения. Анализ этих элементов позволяет обосновать вопросы формирования урожайности под действием агротехнических и агроклиматических факторов [11, 12].

Цель работы – изучить особенности формирования продуктивности и качественных показателей зерна ярового ячменя в зависимости от норм высева и уровня азотного питания в условиях лесостепи Алтайского края.

Условия, материалы и методы. Эксперименты проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле лаборатории селекции зернофуражных культур Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий (ФАНЦА) в условиях лесостепи Алтайского Приобья. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, с содержанием нитратного азота ($N\text{-}NO_3$) в слое почвы 0…40 см 4,7 мг/кг, подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) в слое 0…20 см – 196 и 219 мг/кг соответственно.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

сорт ярового ячменя (фактор А) – Алей, Алтайский 10, Ворсинский 2 и Салаир;

уровень азотного питания (фактор В) – без удобрений (0), N_{30}, N_{45};

норма высева семян (фактор С) – 3, 4, 5 млн всхожих семян на 1 га.

Посев осуществляли сеялкой ССФК-7 по стерневому предшественнику (яровая пшеница). Аммиачную селитру вносили сеялкой СН-16 рядовым способом перед посевом семян. Площадь делянки составляла 10 м^2, повторность 4-кратная. Во всех вариантах опыта проводили химическую прополку против однодольных и двудольных сорняков гербицидами Аргамак (трибенурон-метил, 750г/кг) в дозе 0,012 кг/га и Аксиал (клоквинтосет-мексил, 12,5 г/л + пиноксаден, 50 г/л) в дозе 1 л/га.

Учет и уборку урожая проводили в фазе полной спелости селекционным комбайном Wintersteiger Classic с одновременным взвешиванием и определением влажности зерна. Урожайность пересчитывали на 14 %-ную влажность и 100 %-ную чистоту зерна. Результаты исследований подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.*). Фенологические наблюдения и структуру урожая определяли по методике Государственного сортоиспытания (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М. А. Федина. М.: Б. и., 1985. 267 с.*). Лабораторный анализ по определению содержания белка в зерне выполняли по ГОСТ 10846-74, натуры зерна – ГОСТ 10840-2017, массы 1000 зерен – ГОСТ 10042-80.

Агрометеорологические условия периода проведения полевых опытов (2018–2020 гг.) отличались большим разнообразием, как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности.

Период вегетации 2018 г. характеризовался достаточным количеством выпавших осадков (105,4 % от среднемноголетних значений), первые две декады мая были дождливыми, но холодными, поэтому всходы появились только на 18 день после посева, остальные месяцы были теплее обычного. Сумма осадков в июне составила 63,6 мм (135 %), а среднесуточная температура превышала норму на 2,4 °С. Июль отличался недобором среднесуточных температур (на 1,1 °С) и осадков (41,3 мм, или 64 % от нормы). Созревание зерна проходило в условиях теплой и сухой погоды августа – сумма осадков составила 11,4 мм (23,2 % от нормы) при близкой к средним многолетним значениям температуре.

В 2019 г. в мае при близкой к многолетней среднесуточной температуре количество осадков составило всего 12,9 мм (30,7 % от нормы), однако накопленная за осенне-весенний период влага обеспечила формирование дружных и достаточно густых всходов. Дальнейшее развитие посевов проходило в хорошо увлажненных и теплых условиях июня – сумма осадков достигала 53,2 мм (113 % от нормы), а среднесуточная температура была больше на 0,6 °С. Июль и август были засушливыми, сумма осадков составила всего 66,1 % и 74,0 % от среднемноголетнего количества соответственно, причем среднесуточная температура в августе превышала норму на 2,3 °С.

Особенность вегетационного периода 2020 г. – остро выраженная раннелетняя засуха вследствие относительно высоких температур в мае (+4,8 °С к норме) и малого количества осадков в мае и июне 31,4 мм и 25,2 мм соответственно (74,8 % и 53,6 % от климатической нормы). Благодаря хорошей влагозарядке почвы в осенне-весенний период негативное влияние дефицита осадков значительно не повлияло на дружность и густоту всходов растений, но недостаток влаги в июне отрицательно повлиял на кущение и выход в трубку ячменя, что привело к снижению урожайности и не позволило полностью реализовать продуктивный потенциал культуры.

Формирование и созревание зерна проходило в теплых, с достаточным количеством осадков, условиях июля и августа, сумма осадков составила 106 % и 108 % соответственно от средних многолетних значений.

Результаты и обсуждение. В среднем за три года после внесения аммиачной селитры в дозе N_{30} к фазе кущения растений ячменя содержание нитратного азота увеличилось до 7,9 мг/кг, а на фоне N_{45} – до 11,8 мг/кг, тогда как в контрольном варианте осталось в среднем 4,0 мг/кг. Содержание подвижных форм фосфора и калия до внесения азотного удобрения и после практически не изменялось, и в среднем за три года эксперимента составило 193 и 219 мг/кг соответственно.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований способствовали формированию колосьев с хорошей озерненностью, которые в основном определялись сортом (77,4 %), в меньшей степени дозой азота (6,2 %) и нормой высева (13,8 %) (табл. 1).

Наибольшей озерненностью главного колоса отличался сорт Салаир – в среднем по всем фонам 21,6 шт., что на 0,5 шт. больше, чем у сорта Алтайский 10, на 1,8 шт., по сравнению с сортом Алей, и на 3,7 шт. – с сортом Ворсинский 2. Уменьшение нормы высева семян с 5 до 4 и 3 млн шт./га обеспечивало значительное увеличение количества зерна с колоса (на 0,5 шт. и 1,5 шт. соответственно) при сохранении установленных различий между генотипами. Если озерненность главного колоса у Салаира при этих нормах высева составляла соответственно 21,1, 21,3 и 22,4 шт., то у сортов Алтайский 10 и Алей – 20,1…19,2, 21,1…19,6 и 22,1…20,5 шт., а у Ворсинского 2 – 17,3, 17,7 и 18,6 шт.

Применение азотных удобрений в дозе 30 кг д.в./га в среднем по опыту обеспечивало значительное (0,6 шт.) увеличение количества зерна в колосе, по сравнению с неудобренным фоном. А увеличение дозы азота до 45 кг д.в./га не привело к дальнейшему ее росту – прибавка в 0,3 зерна находится в пределах ошибки опыта.

В изменение массы 1000 зерен главного колоса наиболее значимый вклад вносили генотип (48,8 %),

Таблица 1. **Озерненность и масса 1000 зерен главного колоса в зависимости от нормы высева и уровня азотного питания (среднее за 2018–2020 гг.)**

Сорт (фактор А)	Доза азота (фактор В)	Озерненность главного колоса, шт.				Масса 1000 зерен главного колоса, г			
		норма высева (фактор С), млн шт./га							
		3	4	5	среднее	3	4	5	среднее
Алей	N_0	20,4	19,3	18,2	19,3	51,1	49,0	48,4	49,5
	N_{30}	20,6	19,3	19,8	19,9	47,4	47,8	47,7	47,6
	N_{45}	20,5	20,2	19,6	20,1	45,8	46,0	45,3	45,7
	среднее	20,5	19,6	19,2	19,8	48,1	47,6	47,1	47,6
Алтайский 10	N_0	21,5	20,5	19,4	20,5	47,8	47,5	45,5	46,9
	N_{30}	22,1	20,9	20,3	21,1	45,6	45,9	44,2	45,2
	N_{45}	22,6	21,8	20,5	21,6	44,7	44,2	45,1	44,7
	среднее	22,1	21,1	20,1	21,1	46,0	45,9	44,9	45,6
Ворсинский 2	N_0	18,2	17,1	16,6	17,3	45,0	46,2	41,6	44,3
	N_{30}	18,5	17,6	17,3	17,8	46,1	44,7	44,5	45,1
	N_{45}	19,1	18,3	18,0	18,5	43,5	41,8	41,7	42,3
	Среднее	18,6	17,7	17,3	17,9	44,9	44,2	42,6	43,9
Салаир	N_0	21,8	21,0	20,5	21,1	48,7	46,8	46,6	47,4
	N_{30}	22,9	21,4	21,3	21,9	46,6	46,8	46,8	46,7
	N_{45}	22,6	21,4	21,6	21,9	46,1	45,7	45,9	45,9
	среднее	22,4	21,3	21,1	21,6	47,1	46,4	46,4	46,7
Среднее	N_0	20,5	19,5	18,7	19,6	48,2	47,4	45,5	47,0
	N_{30}	21,0	19,8	19,7	20,2	46,4	46,3	45,8	46,2
	N_{45}	21,2	20,4	19,9	20,5	45,0	44,4	44,6	44,7
	среднее	20,9	19,9	19,4	20,1	46,5	46,0	45,3	45,9
$НСР_{05}$ для факторов		A=0,41; B=0,35; C=0,35; AB=0,61; AC=0,71; BC=0,71; частных различий=1,22				A=0,90; B=0,78; C=0,78; AB=1,35; AC=1,56; BC=1,56; частных различий=2,71			
Доля влияния факторов, %		A=77,4; B=6,2; C=13,8; AB=0,5; AC=0,8; BC=0,6; ABC=0,8				A=48,8; B=24,4; C=6,8; AB=7,7; AC=2,1; BC=4,6; ABC=5,6			

В среднем по опыту наиболее крупное зерно было у сорта Алей – 47,6 г, что существенно больше, чем у сорта Алтайский 10 на 2,0 г, и у сорта Ворсинский 2 – 3,7 г. Значимых различий по массе 1000 зерен между сортами Алей и Салаир не отмечено. Повышение нормы высева с 3 до 4 и 5 млн шт./га в опыте привело к снижению массы 1000 зерен на 0,5 и 1,2 г, при этом наибольшим оно было на фоне без удобрений (на 0,8…2,4 г), а наименьшее – на фонах N_{30} и N_{45} (на 0,1…0,6 г и 0,6…0,4 г), такая тенденция отмечена на всех изучаемых сортах.

Применение азотных удобрений оказывало существенное отрицательное влияние на массу 1000 зерен. Если на фоне без удобрений величина этого показателя составляла в среднем 47,0 г, то на фонах N_{30} и N_{45} она уменьшалась на 0,8 и 2,3 г соответственно. Такая тенденция характерна для всех сортов, и объяснить это можно тем, что в вариантах с внесением аммиачной селитры у растений ячменя увеличивается кущение и озерненность колоса, что отрицательно влияет на массу 1000 зерен.

Варьирование продуктивной кустистости ячменя в опыте определялось нормой высева (31,6 %), генотипом (29,5 %) и дозой азотного удобрения (22,9 %), в меньше степени – взаимодействием сорта и дозы удобрений (9,3 %) (табл. 2).

Среди сортов наибольшую величину этого показателя в среднем по опыту отмечали у Алтайского 10 – 2,62 ед., у Алея она была меньше на 0,12 ед., Ворсинский 2 и Салаир – на 0,20 и 0,57 ед. соответственно.

С увеличением нормы высева от 3 до 4 и 5 млн всхожих семян на 1 га продуктивная кустистость ячменя снижалась на 0,40 и 0,54 ед., при внесении аммиачной селитры, наоборот, – возрастала на фонах N_{30} и N_{45}, в сравнении с контролем, на 0,24 и 0,45 ед.

Наибольший в опыте вклад в изменчивость массы зерна с растения вносили факторы «норма высева» (39,5 %), «генотип» (37,3 %) и «доза азота» (14,2 %). Наибольшей массой зерна с растения отличился сорт Алтайский 10 – в среднем

азотные удобрения (24,4 %) и взаимодействие генотипа и дозы удобрений (7,7 %), тогда как влияние норм высева было значимо в меньшей степени (6,8 %).

Таблица 2. **Продуктивная кустистость и масса зерна с растения сортов ячменя в зависимости от нормы высева и уровня азотного питания (среднее за 2018–2020 гг.)**

Сорт (фактор А)	Доза азота (фактор В)	Продуктивная кустистость, ед.				Масса зерна с растения, г			
		норма высева (фактор С), млн шт./га							
		3	4	5	среднее	3	4	5	среднее
Алей	N_0	2,53	2,15	2,00	2,23	2,14	1,75	1,46	1,78
	N_{30}	2,72	2,38	2,30	2,47	2,16	1,85	1,75	1,92
	N_{45}	3,02	2,87	2,52	2,80	2,30	2,15	1,82	2,09
	среднее	2,76	2,47	2,27	2,50	2,20	1,92	1,68	1,93
Алтайский 10	N_0	2,30	2,22	2,02	2,18	2,02	1,76	1,54	1,77
	N_{30}	3,15	2,78	2,22	2,72	2,54	2,20	1,62	2,12
	N_{45}	3,23	3,10	2,55	2,96	2,71	2,43	2,03	2,39
	среднее	2,89	2,70	2,26	2,62	2,42	2,13	1,73	2,09
Ворсинский 2	N_0	2,87	2,27	2,02	2,39	1,73	1,38	1,16	1,42
	N_{30}	2,53	2,18	2,17	2,29	1,75	1,38	1,33	1,49
	N_{45}	2,82	2,67	2,27	2,59	1,88	1,61	1,35	1,61
	среднее	2,74	2,37	2,15	2,42	1,79	1,47	1,28	1,51
Салаир	N_0	2,12	1,87	1,68	1,89	1,89	1,47	1,37	1,58
	N_{30}	2,43	2,00	1,98	2,14	2,17	1,61	1,62	1,80
	N_{45}	2,38	2,05	1,98	2,14	2,05	1,67	1,65	1,79
	среднее	2,31	1,97	1,88	2,05	2,04	1,58	1,55	1,72
Среднее	N_0	2,46	2,13	1,93	2,17	1,95	1,59	1,38	1,64
	N_{30}	2,71	2,34	2,17	2,41	2,16	1,76	1,58	1,83
	N_{45}	2,86	2,67	2,33	2,62	2,24	1,97	1,71	1,97
	среднее	2,68	2,38	2,14	2,39	2,11	1,77	1,56	1,82
$НСР_{05}$ для факторов		A=0,18; B=0,16; C=0,16; AB=0,27; AC=0,31; BC=0,31; частных различий=0,54				A=0,16; B=0,14; C=0,14; AB=0,24; AC=0,28; BC=0,28; частных различий=0,48			
Доля влияния факторов, %		A=29,5; B=22,9; C=31,6; AB=9,3; AC=2,0; BC=0,9; ABC=3,9				A=37,3; B=14,2; C=39,5; AB=4,3; AC=2,4; BC=0,4; ABC=2,0			

Таблица 3. **Урожайность сортов ячменя в зависимости от нормы высева и уровнях азотного питания (среднее за 2018–2020 гг.), т/га**

Сорт (фактор А)	Доза азота (фактор В)	Норма высева (фактор С), млн шт./га			
		3	4	5	среднее
Алей	N_0	4,09	4,38	4,50	4,32
	N_{30}	4,65	4,82	4,83	4,77
	N_{45}	4,72	4,87	4,96	4,85
	среднее	4,49	4,69	4,76	4,65
Алтайский 10	N_0	4,14	4,19	4,42	4,25
	N_{30}	4,83	4,92	5,09	4,95
	N_{45}	5,07	5,23	5,27	5,19
	среднее	4,68	4,78	4,93	4,79
Ворсинский 2	N_0	4,03	4,00	4,20	4,08
	N_{30}	4,39	4,44	4,55	4,46
	N_{45}	4,59	4,61	4,53	4,58
	среднее	4,34	4,35	4,43	4,37
Салаир	N_0	4,04	4,06	4,14	4,08
	N_{30}	4,40	4,30	4,40	4,37
	N_{45}	4,50	4,40	4,62	4,51
	среднее	4,31	4,25	4,39	4,32
Среднее	N_0	4,08	4,16	4,32	4,18
	N_{30}	4,57	4,62	4,72	4,64
	N_{45}	4,72	4,78	4,85	4,78
	среднее	4,46	4,52	4,63	4,53
$НСР_{05}$ для факторов	A=0,12; B=0,10; C=0,10; AB=0,19; AC=0,22; BC=0,22; частных различий=0,37				
Доля влияния факторов, %	A=32,4; B=54,3; C=4,1; AB=6,1; AC=1,7; BC=0,3; ABC=1,1				

по всем фонам 2,09 г, что значительно выше, чем у сортов Ворсинский 2 (на 0,58 г) и Салаир (на 0,37 г). Преимущество Алея по величине этого показателя перед сортами Ворсинский 2 и Салаир также значительные – 0,42 и 0,21 г соответственно. Значимых различий по массе зерна с растений между сортами Алтайский 10 и Алей не отмечено.

Наибольшую массу зерна с растения в среднем по опыту сорта сформировали при наименьшей норме высева – 2,11 г и с увеличением нормы до 4 и 5 млн шт./га она снижалась соответственно на 16,1 % и 26,1 %, а при внесении удобрений, возрастала на фонах N_{30} и N_{45}, в сравнении с контролем, на 11,6 % и 20,1 % соответственно.

Варьирование урожайности ячменя в опыте в основном определяло применение азотных удобрений (54,3 %) и влияние генотипа (32,4 %), в меньшей степени нормой высева (4,1 %) и взаимодействием генотипа и дозой удобрений (6,1 %) (табл. 3).

В зависимости от сорта ячменя в среднем по опыту урожайность снижалась от 4,79 т/га у Алтайского 10 и 4,65 т/га у Алея до 4,37 и 4,32 т/га у сортов Ворсинский 2 и Салаир. Причем Алтайский 10 по урожайности значительно превзошел остальные сорта эксперимента.

Применение азотных удобрений в дозах 30 и 45 кг д.в./га обеспечивало увеличение урожайности культуры на 0,46 и 0,60 т/га (11,0 и 14,4 %), в сравнении с неудобренным фоном.

При увеличении нормы высева семян с 3 до 4 млн шт./га урожайность практически не изменялась (4,46 и 4,52 т/га), а при наибольшей норме достоверно возрастала до 4,63 т/га при $НСР_{05}$ для фактора 0,10 т/га.

Наиболее эффективными сочетания норм высева и доз удобрений для конкретных сортов были: Алей – норма высева 4 млн шт./га и N_{30}, обеспечивающие урожайность зерна 4,82 т/га при окупаемости удобрений 14,7 кг/га; Алтайский 10 – норма высева 4 млн шт./га и N_{45} (5,23 т/га и 23,1 кг/га); Ворсинский 2 – 4 млн шт./га и N_{30} (4,44 т/га и 14,7 кг/га); Салаир – норма высева 3 млн шт./га и N_{45} (4,50 т/га и 10,2 кг/га).

Изменчивость содержания белка в зерне определяло в основном действием генотипа (54,6 %), дозы удобрений (28,7 %), а также взаимодействием этих двух факторов (13,5 %). В среднем по сортам и уровням азотного питания, нормы высева не оказывали существенного влияния на содержание белка в зерне (табл. 4).

В среднем по опыту наименьшее содержание белка в зерне отмечено у сорта Ворсинский 2 – 11,3 %, что значительно ниже, чем у сортов Алтайский 10 и Салаир (на 0,9 %) и сорта Алей (на 1,3 %). Значимых различий по величинам этого показателя между последними тремя сортами нет.

Таблица 4. **Качественные показатели зерна в зависимости от нормы высева и уровня азотного питания (среднее за 2018–2020 гг.)**

Сорт (фактор А)	Доза азота (фактор В)	Содержание белка в зерне, %				Натура, г/л			
		норма высева (фактор С), млн шт./га							
		3	4	5	среднее	3	4	5	среднее
Алей	N_0	12,7	12,5	12,4	12,5	713	711	713	712
	N_{30}	12,1	12,0	12,1	12,1	706	706	708	707
	N_{45}	13,0	13,1	13,3	13,1	710	709	704	708
	Среднее	12,6	12,5	12,6	12,6	710	709	708	709
Алтайский 10	N_0	12,2	12,0	12,1	12,1	683	686	689	686
	N_{30}	12,4	12,3	12,4	12,4	684	689	688	687
	N_{45}	12,4	12,3	12,0	12,2	689	685	691	688
	Среднее	12,3	12,2	12,2	12,2	685	687	689	687
Ворсинский 2	N_0	11,2	11,0	10,8	11,0	698	727	696	707
	N_{30}	10,7	10,8	10,9	10,8	691	688	694	691
	N_{45}	12,0	12,2	12,1	12,1	686	684	683	684
	Среднее	11,3	11,3	11,3	11,3	692	700	691	694
Салаир	N_0	12,3	12,0	12,1	12,1	715	709	712	712
	N_{30}	11,7	11,8	11,6	11,7	711	706	708	708
	N_{45}	12,6	12,9	12,6	12,7	710	704	703	706
	Среднее	12,2	12,2	12,1	12,2	712	706	708	709
Среднее	N_0	12,1	11,9	11,9	11,9	702	708	703	704
	N_{30}	11,7	11,7	11,8	11,7	698	697	700	698
	N_{45}	12,5	12,6	12,5	12,5	699	696	695	697
	Среднее	12,1	12,1	12,0	12,1	700	700	699	700
$НСР_{05}$ для факторов	A=0,6; B=0,5; C=0,5; AB=0,9; AC=1,1; BC=1,1; частных различий=1,8					A=6,7; B=2,9; C=2,9; AB=9,9; AC=11,5; BC=11,5; частных различий=19,9			
Доля влияния факторов, %	A=54,6; B=28,7; C=0,5; AB=13,5; AC=0,5; BC=0,8; ABC=1,6					A=65,1; B=8,2; C=0,2; AB=11,0; AC=4,2; BC=2,5; ABC=8,8			

Увеличение дозы азота до 45 кг/га в целом по опыту оказало значимое влияние на содержание белка в зерне, в сравнении с фонами без удобрений и N_{30} – 12,5 % против 11,9 и 11,7 % соответственно. Такая тенденция характерна для всех сортов – более значимо содержание белка наблюдали при N_{45}. Нормы высева у всех генотипов не оказали влияние на выраженность этого признака.

Варьирование натуры зерна в основном определялось генотипом – 65,1 %, дозой азота – 8,2 %, взаимодействием этих двух факторов – 11,0 %, и взаимодействием всех факторов эксперимента – 8,8 %. Также как и по предыдущему показателю, в среднем по

опыту нормы высева не оказали значимого влияния на изменчивость натуры зерна ячменя. Наибольшей натурой зерна в эксперименте отличались сорта Алей и Салаир – по 709 г/л каждый, что в значительной степени больше, чем у Ворсинского 2 и Алтайского 10 (на 15 и 22 г/л соответственно).

В среднем по опыту применение азотных удобрений способствовало уменьшению натурной массы зерна с 704 г/л на фоне без удобрений, до 698 и 697 г/л на фонах N_{30} и N_{45}. При этом наибольшим снижением натуры было отмечено на сорте Ворсинский 2 с 707 г/л в контроле, до 684 г/л на фоне с максимальной в опыте дозой азотных удобрений. У сорта Алтайский 10 применение азотных удобрений практически не оказало влияния на натуру зерна – 689, 688 и 691 г/л соответственно.

Выводы. Применение на сортах ячменя с различными нормами высева возрастающих доз азота способствует увеличению продуктивного кущения, озерненности колоса, массы зерна с растения, вследствие чего возрастает уровень их урожайности. Масса 1000 зерен в среднем по опыту уменьшалась с 47,0 г на фоне без удобрений, до 46,2 и 44,7 г на фоне N_{30} и N_{45}. Более высокая натура зерна отмечена в варианте N_0 (704 г/л), в сравнении с N_{30} (698 г/л) и N_{45} (697 г/л).

Самая эффективная в опыте норма высева для сортов Алей, Алтайский 10 и Ворсинский 2 – 4 млн всхожих семян на 1 га, для Салаира – 3 млн шт./га, наибольшая окупаемость азотных удобрений дополнительным урожаем зерна на сортах Ворсинский 2 и Алей отмечена при внесении N_{30} (по 14,7 т/га), Салаир и Алтайский 10 – N_{45} (10,2 и 23,1 т/га). Наилучшее сочетание норм высева и доз удобрений обеспечивает продуктивность сорта ярового ячменя Алтайский 10 на уровне 5,23 т/га, Алей – 4,82 т/га, Салаир – 4,50 т/га , Ворсинский 2 – 4,44 т/га.

Литература.

1. Волошин Е. И., Ивченко В. К., Количенко А. А. Влияние разных сортов серых хлебов на баланс растительных остатков в агроценозах средней Сибири // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9. С. 69–78.

2. Влияние нормы высева семян на продуктивность ячменя в условиях Алтайского края / Г. М. Мусалитин, В. А. Борадулина, Ж. В. Кузикеев и др. // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 7. С. 35–39. doi: 10.53859/0235-2451-2021-35735.

3. Гаврилова А. Ю., Конова А. М., Самсонова Н. Б. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на формирование урожайности и качества зерна пивоваренного ячменя // Агрохимия. 2020. № 9. С. 24–31.

4. Павлюшин В. А., Новикова И. И., Бойкова И. В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.

5. Сыздыкова Г. Т., Середа С. Г., Малицкая Н. В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 103–110. doi: 10.15389/agrobiologic.2018.1.103rus.

6. Якушев В. П., Михайленко И. М., Драгавцев В. А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожаев зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 550–560. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.550rus.

7. Neugschwandtner R. W., Kaul H. P. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops // Field Crops Research. 2014. Vol. 155. P. 159–163.

8. Реакция сортов ячменя на нормы высева и уровень азотного питания на выщелоченных черноземах Алтайского Приобья / Ж. В. Кузикеев, В. А. Борадулина, Г. М. Мусалитин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 7. С. 21–31. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10704.

9. Cook R. L., Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. No. 1. P. 415–426. doi: 10.2134/agronj2015.0397.

10. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley // Can. J. Plant Sci. 2012. Vol. 92. P. 617–625.

11. Бутковская Л. К., Кузьмин Д. Н., Казанов В. В. Влияние удобрений и сроков посева на формирование элементов структуры продуктивности овса // Земледелие. 2020. № 1. С. 20–22. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10105.

12. Изменчивость ячменя (Hordeum vulgare L.) разного географического происхождения по элементам структуры урожая / А. В. Железнов, Н. Б. Железнова, Т. В. Кукоева и др. // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 1. С. 33–40. doi: 10.15389/agrobiology.2012.1.33rus.

References

1. Voloshin EI, Ivchenko VK, Kolichenko AA. [Influence of varieties of grey breads on the plant residues balance in central Siberia agrocenosis]. Vestnik KrasGAU. 2021;(9):69-78. Russian.

2. Musalitin GM, Boradulina VA, Kuzikeev ZhV, et al. [Influence of the seeding rate on the barley productivity under conditions of the Altai territory]. Dostizhenya nauki i tekhniki APK. 2021;35(7):35-9. Russian.

3. Gavrilova AYu, Konova AM, Samsonova NB. [Influence of doses and combinations of mineral fertilizers on formation of productivity and quality of malting barley grain]. Agrohimiya. 2020;(9):24-31. Russian.

4. Pavlyusin VA, Novikova II, Boikova IV. [Microbiological plant protection in phytosanitary optimization technologies for agroecosystems: Research and practice (review)]. Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2020;55(3):421-38. Russian.

5. Syzdykova GT, Sereda SG, Malitskaya NV. [Selection of spring common wheat (Triticum aestivum L.) varieties for the adaptability under the conditions of the steppe zone of the Akmolinsk region, Kazakhstan]. Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018;53(1):103-10. Russian.

6. Yakushev VP, Mikhailenko IM, Dragavtsev VA. [Reserves of agro-technologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation]. Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2015;50(5):550-60. Russian.

7. Neugschwandtner RW, Kaul HP. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. Field Crops Research. 2014;155:159-63.

8. Kuzikeev ZhV, Boradulina VA, Musalitin GM, et al. [The reaction of barley varieties to seeding rates and the level of nitrogen nutrition in the leached chernozems of Altai Ob region]. Dostizhenya nauki i tekhniki APK. 2020;34(7):21-31. Russian.

9. Cook RL, Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois. Agronomy Journal. 2016;108(1):415-26.

10. Anbessa Y, Juskiw P. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. Can. J. Plant Sci. 2012;92:617-25.

11. Butkovskaya LK, Kuz'min DN, Kazanov VV. [Effect of fertilizers and sowing time on the formation of structure elements of oat productivity]. Zemledelie. 2020;(1):20-2. Russian.

12. Zheleznov AV, Zheleznova NB, Kukoeva TV, et al. [Variability of barley (Hordeum vulgare L.) of different geographic origin by the elements of yield structure]. Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2012;(1):33-40. Russian.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_79
УДК 633.521:631.52

Результаты изучения коллекционных образцов льна-долгунца в центральном регионе Нечерноземной зоны России*

Е. А. ТРАБУРОВА, Т. А. РОЖМИНА
Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский просп., 17/56, Тверь, 170041, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Смоленской области с целью комплексной оценки 23 образцов мирового генофонда льна-долгунца и выявления источников селекционно-значимых признаков, генотипов адаптивных к агроклиматическим условиям региона. Содержания фосфора и калия в почве опытного участка было достаточно высоким (P_2O_5 – 213...239 и K_2O – 105...125 мг/кг почвы), реакция – слабокислая (pH_{KCl} – 5,0...5,3). Метеоусловия по годам были различными, но по обеспеченности влагой в целом удовлетворяли требованиям культуры – ГТК за вегетационный период 1,2...1,4. По высоте растений и технической длине стебля значительно превзошли стандарт образцы льна-долгунца China 1, J 52263 (Китай) и Белита (Беларусь), превышение, по отношению к сорту Импульс, составило 6,3...13,8 и 6,1...18,2 % соответственно. Высокую урожайность льносемян – 73 г/м², что на 30,4 % выше, чем у стандарта, сформировал сорт Альфа (Россия). По урожайности льносоломы превысили стандарт на 26,5...36,6 % такие образцы, как China 1, Andrea, Белита и J 52263, величина этого показателя у которых в среднем за четыре года составила 692...747 г/м². У сортов Синель, Дипломат, Добрыня, Сурский, Andrea, Надежда, Цезарь, л.323-02 (Россия), Marylin (Нидерланды), Altea (Франция) выявлено высокое содержание волокна в стебле – 31...37 %, что на 7...11 % выше, чем у сорта Импульс (26 %). При этом сорта Цезарь, Сурский, Надежда, Andrea, Altea и селекционная линия л.323-02 также превзошли стандарт по выходу длинного волокна, который составил 24,0...28,2 %. Особую селекционную ценность представляют сорта Цезарь, Добрыня и Синель, которые проявили высокую урожайностью льноволокна и оказались высокоадаптивными к условиям Центрального региона Нечерноземной зоны России.
Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), образец, солома, волокно, семена, урожайность, адаптивность.
Сведения об авторах: Е. А. Трабурова, младший научный сотрудник; Т.А. Рожмина, доктор биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: len_rozhmina@mail.ru).
Для цитирования: Трабурова Е. А., Рожмина Т. А. Результаты изучения коллекционных образцов льна-долгунца в центральном регионе Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 79–84. 29–32. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_79.

**работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ по темам государственного задания FGSS-2019-2016 и FGSS-2019-0022.*

Examination results of fiber flax samples in the central region of the Non-chernozem zone of Russia

E. A. Traburova, T. A. Rozhmina
Federal Scientific Center of Bast-Fiber Crops Breeding, Komsomol'skii prosp., 17/56, Tver', 170041, Russian Federation

Abstract. The study, carried out in 2016–2019 in the Smolensk region, aimed to assess 23 samples of the world fiber flax gene pool and to identify sources of characteristics significant for breeding and genotypes that were adaptive to the agro-climatic conditions of the region. The content of phosphorus and potassium in the soil of the experimental plot was quite high (P2O5 – 213–239 mg/kg and K2O – 105–125 mg/kg of soil), the medium reaction was slightly acid (pH(KCl) – 5.0–5.3). Meteorological conditions were different over the years, but in terms of moisture supply, they generally met the requirements of the crop – the hydrothermal index for the vegetation period was 1.2–1.4. In terms of plant height and technical length of the stem, fiber flax cultivars *China 1, J 52263* (China) and *Belita* (Belarus) significantly exceeded the standard. The increase, in relation to *Impul's* variety, was 6.3–13.8 and 6.1–18.2%, respectively. *Alfa* variety (Russia) formed the high yield of flaxseeds (73 g/m2), which was 30.4% higher than the yield of the standard. In terms of flax straw yield, cultivars such as *China 1, Andrea, Belita,* and *J 52263* exceeded the standard by 26.5–36.6%. The value of this trait in them on average over four years was 692–747 g/m2. *Sinel', Diplomat, Dobrynya, Surskij, Andrea, Nadezhda, Caesar, L.323-02* (Russia), *Marylin* (the Netherlands), *Altea* (France) formed a high fibre content in the stem – 31–37%, which was 7–11% higher than that of *Impul's* variety (26%). At the same time, varieties *Caesar, Surskij, Nadezhda, Andrea, Altea* and breeding line *L.323-02* also exceeded the standard in terms of long fibre yield, which amounted to 24.0–28.2%. *Caesar, Dobrynya* and *Sinel'* which formed a high yield of flax fibre and turned out to be highly-adaptive to the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia were of particular breeding value.
Keywords: long-stalked flax (*Linum usitatissimum* L.); sample; straw; fibre; seeds; yield; adaptability.
Author Details: E. A. Traburova, junior research fellow; T. A. Rozhmina, D. Sc. (Biol.), head of laboratory (e-mail: len_rozhmina@mail.ru).
For citation: Traburova EA, Rozhmina TA. [Examination results of fiber flax samples in the central region of the Non-chernozem zone of Russia]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):79-84. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_79.

На сегодняшний день в Российской Федерации лен-долгунец – практически единственный источник натурального сырья для производства широкого спектра изделий бытового и технического назначения. В льносырье нуждается не только текстильная, но и фармацевтическая, химическая промышленность, оборонный комплекс, автомобилестроение и другие отрасли экономики [1, 2].

Важное место в решении проблемы обеспечения страны волокнистым натуральным сырьем занимает селекция [3, 4]. Один из основных этапов в селекционной работе – оценка исходного материала по хозяйственно ценным признакам, поиск и выявление источников и доноров устойчивости к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды с целью использования их в гибридизации [5, 6, 7]. Правильный научно-обоснованный подбор исходного материала, а также использование максимальных возможностей родительских форм позволяет ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность [8, 9, 10].

Богатейший резерв селекционно-ценных форм – генетические банки зародышевой плазмы культур-

ных и дикорастущих растений. По льну в России к таким относят коллекцию Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова и коллекцию Федерального научного центра лубяных культур [11]. Многие образцы из мировой коллекции имеют отдаленное географическое происхождение и, как правило, обладают генотипическими различиями с местными формами (сортами) [12, 13].

Природные условия Смоленской области исторически считают благоприятными для роста и развития растений льна-долгунца, возделывание этой культуры с незапамятных времен было важнейшим элементом экономики региона [14, 15]. Вместе с тем в последние годы имеет место значительное изменение метеоусловий в период вегетации культуры. Влажные годы сменяются сухими, что вызывает резкое варьирование урожая и качества льнопродукции [16, 17]. В связи с этим создание конкурентоспособных сортов устойчивых к неблагоприятным погодным условиям – одна из основных задач в селекции льна-долгунца.

Цель исследований – комплексная оценка образцов коллекции льна-долгунца Федерального научного центра лубяных культур в условиях Смоленской области для выявления источников селекционно-значимых признаков, а также генотипов адаптивных к агроклиматическим условиям региона для включения в селекционный процесс.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле обособленного подразделения Смоленского научно-исследовательского института сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур» (бывшая Смоленская ГОСХОС, г. Смоленск) в 2016–2019 гг. Материалом для исследования послужили 23 перспективные линии и сорта льна-долгунца из коллекции Федерального научного центра лубяных культур, среди них 14 образцов из России, 4 – из Китая, 2 – из Франции и по одному образцу из Белоруссии, Украины и Нидерландов.

Закладку коллекционного и инфекционного питомников, наблюдения, учеты и оценку осуществляли в соответствии с методическими указаниями по селекции и семеноводству льна-долгунца (*Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания / В. П. Понажев, Л. Н. Павлова, Т. А. Рожмина и др. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.*). Образцы в коллекционном питомнике высевали рядовым способом, учетная площадь делянки составляла 1 м^2, повторность – трехкратная, норма высева 22 млн всхожих семян на 1 га. В качестве стандарта использовали среднеспелый сорт Импульс, высоко адаптивный к условиям Центрального региона [15].

Искусственный инфекционный фон создавали в условиях вегетационного опыта путем внесения чистой культуры различных по вирулентности штаммов *Fusarium oxysporum f. lini* из расчета 400 г на ящик размером 50×85×20 см. Количество высеянных семян каждого генотипа – 8 шт., повторность 3-х кратная. Характеристику коллекционных образцов по степени поражения фузариозным увяданием проводили по следующей шкале: до 20 % – устойчивые; 20…30 % – слабовосприимчивые; 30…50 % – средневосприимчивые и более 50 % – сильновосприимчивые.

Степень развития болезни подсчитывали по общепринятой в практике фитопатологии формуле:

$$Рб = \frac{\sum(a \times b) \times 100}{\mathrm{A} \times \mathrm{K}},$$

где *Рб* – степень развития болезни, %; *a* – число растений с одинаковыми признаками поражения; *b* – соответствующий этому признаку балл поражения; Σ – сумма произведений числовых показателей; *A* – число растений в учете (здоровых и больных); *K* – высший балл учетной шкалы.

Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 416 с.*) с использованием программы Microsoft Office Excel 2003, индекс условий среды (I_j) определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (*Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 38–40*). При оценке вариабельности признаков использовали шкалу С.М. Мамаева (*Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск, 1975. С. 3–14).*

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса в пахотном горизонте (по Тюрину, ГОСТ 23740-79) – 2,19 %, содержание подвижных форм фосфора (по Кирсанову) – 213…239 мг/кг, калия (по Пейве) – 105…125 мг/кг почвы, кислотность почвы (pH_{KCl}) – 5,0…5,5. Предшественник – яровые зерновые.

Погодные условия, которые складываются в период от всходов до бутонизации льна (май–июнь) в значительной мере определяют урожайность и качество волокнистой продукции. Для формирования высокой урожайности и волокна хорошего качества необходимо, чтобы гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову (ГТК), который рассматривается как интегральный показатель влагообеспеченности растений, находился в пределах 1,3…1,5 [18].

Метеорологические условия вегетационных периодов в 2016–2019 гг. отличались по тепло- и влагообеспеченности в вегетативно-генеративный период развития льна-долгунца. Это позволило оценить потенциал изучаемого материала и выделить лучшие образцы льна-долгунца по хозяйственно ценным показателям. Анализ условий в период вегетации проводили по данным метеостанции г. Рославль. Вегетационный период 2016 г. в целом можно охарактеризовать, как теплый и слабо засушливый (ГТК – 1,2), сумма активных температур была более 2300 °С. Обильное выпадение осадков в мае и кратковременные, но сильные ливневые дожди в июне и июле способствовали интенсивному росту растений. В 2017 г. прохладная с избыточным количеством осадков погода в период всходы–бутонизация привела к уплотнению почвы и нарушению ее аэрации, что негативно отразилось на показателях, определяющих урожайность льноволокна. Период вегетации 2018 г. был теплым и дождливым, что благоприятно сказалось на развитии растений. Среднесуточная температура воздуха в мае превышала норму по температурному режиму для Смоленской области на 3,8 °С, в июне – на 0,4 °С, в июле – 1,8 °С, в августе – 2,7 °С. За вегетационный период выпало 286,4 мм, ГТК был равен 1,3, что характеризует условия близкие к оптимальным для роста и развития

Таблица 1. **Гидротермический коэффициент в период вегетации растений**

Месяц	*2016 г.*	*2017 г.*	*2018 г.*	*2019 г.*	*Среднемноголетнее*
Май	1,7	0,8	0,5	2,8	–
Июнь	0,7	1,7	2,1	1,1	–
Июль	1,5	1,8	2,1	2,5	–
Август	0,7	0,7	0,5	2,0	–
В среднем за вегетационный период	1,2	1,3	1,3	2,1	1,1

растений льна-долгунца. Вегетационный период 2019 г. по температурному режиму был теплым с большим количеством атмосферных осадков. Среднесуточная температура воздуха в мае оказалась на 1,2 °С выше нормы, осадков выпало 111,7 мм (ГТК – 2,8). В июне отмечали превышение нормы по температуре на 3,9 °С, количество осадков – 61,1 мм (ГТК – 1,1). В июле температуры воздуха была на 1,3 °С ниже среднемноголетней (17 °С), осадков выпало 121,7 мм (ГТК – 2,5). Гидротермический коэффициент за весь вегетационный период культуры был равен 2,1, что указывает на избыточность увлажнения (табл. 1).

Результаты и обсуждение. Наиболее благоприятные условия для формирования урожайности льноволокна сложились в 2016 г. (I_j = 0,84), худшие – в 2017 г. (I_j = -0,22). В результате средняя урожайность льноволокна по опыту в 2016 г. составила 2,10 т/га, в 2017 г. – 0,94, в 2018 г. – 1,96 и в 2019 г. – 1,57 т/га.

Таблица 2. **Морфологические и фенологические показатели коллекционных образцов льна-долгунца (среднее за 2016–2019 гг.)**

Образец, происхождение	*Высота растений*		*Техническая длина стебля*		*Продолжительность вегетационного периода*	
	см	*CV, %*	*см*	*CV, %*	*сут*	*CV, %*
Импульс, стандарт	80	9,7	66	8,4	79	10,1
Александрит, Россия	78	15,3	63	11,1	77	11,3
Альфа, Россия	78	7,3	65	7,3	78	13,2
Белита, Беларусь	85	17,7	78	18,6	82	10,3
Дипломат, Россия	77	13,8	66	13,3	79	11,4
Добрыня, Россия	81	15,2	63	6,4	80	11,3
Каменяр, Украина	76	16,3	60	17,3	80	12,8
К – 6, Россия	79	12,0	65	12,5	81	11,9
л 323-02, Россия	75	15,0	55	11,4	75	9,9
Лидер, Россия	75	10,7	66	7,5	77	10,8
Надежда, Россия	75	8,7	60	8,5	78	12,7
Синель, Россия	84	6,1	69	0,8	78	12,9
Смолич, Россия	76	12,1	63	11,6	79	9,6
Сурский, Россия	77	15,2	62	21,7	80	13,2
Тост 3, Россия	77	12,3	64	3,1	81	12,4
Универсал, Россия	78	9,7	71	6,5	84	5,2
Цезарь, Россия	79	2,9	66	1,5	82	8,8
Altea, Франция	77	12,5	61	14,0	81	9,5
Andrea, Франция	84	16,7	68	17,1	80	11,3
China 1, Китай	91	11,9	75	13,3	85	11,2
I 11, Китай	79	12,5	74	16,6	82	10,3
J 52263, Китай	86	10,7	70	13,7	81	12,3
Marylin, Нидерланды	78	14,3	62	11,2	80	11,2
92199-6-5, Китай	86	8,7	69	12,6	81	13,2
$НСР_{05}$	4	–	3	–	–	–

Продолжительность вегетационного периода – один из важных биологических признаков льна-долгунца, определяющих возможность формирования высокого урожая в конкретных агроклиматических условиях и проведения уборочных работ в оптимальные сроки. Для основных льносеющих регионов страны наиболее пригодны раннеспелые и среднеспелые сорта, которые убирают в середине августа, так как расстил соломы в более поздние сроки отрицательно сказывается на вылежке льнотресты и ее качестве. Величина этого показателя в значительной мере зависит от погодных условий в период вегетации [19]. Так, у наиболее позднеспелого образца из Китая – China 1 диапазон изменчивости продолжительности периода всходы–ранняя желтая спелость по годам испытания варьировал от 71 (2016 г.) до 95 суток (2017 г.) и в среднем за 4 года составил 85 суток, что на 6 суток больше, чем у среднеспелого стандарта сорта Импульс. Наименее продолжительным период вегетации был в 2016 г., различия между генотипами составили 5 суток с варьированием в пределах 66…71 суток, а наиболее длительный – в 2017 г., диапазон изменчивости 19 суток (76…95 суток). По результатам четырехлетних исследований выделилась линия 323-02 (Россия), у которой продолжительность вегетации составила 75 суток, эта линия в 2016 г. созревала раньше, чем среднеспелый сорт Импульс, на 2 суток, в 2019 г. – на 3, в 2018 г. – на 5 и в 2017 г. – 8 суток. У сорта Импульс продолжительность вегетационного периода в среднем за годы испытаний составила 79 суток.

Высота растений – признак наследственно устойчивый, который во многом определяет урожайность льносоломы [20]. В результате исследований выделилось четыре образца, значительно превышающих сорт Импульс по высоте растений (табл. 2) – China 1, J 52263, 92199-6-5 (86…91 см) из Китая и Белита (85 см) из Белоруссии, которые превзошли стандарт по величине этого показателя на 4…11 см. Наибольшую стабильность этого признака по годам проявили генотипы Цезарь, Синель, Альфа, 92199-6-5, Надежда, Универсал и стандарт Импульс, коэффициент вариации 2,9…9,7 %.

Наибольший выход длинного волокна лучшего качества при прочих равных условиях, как правило, обеспечивают генотипы, обладающие большей технической длиной [20]. Самая высокая величина этого показателя отмечена у линий China 1, J 52263, I 11 (70…74 см) из Китая и сорта Белита (78 см) из Белоруссии. Коэффициент вариации технической длины стебля изменялся от 0,8 до 21,7 %. Самое стабильное, на уровне сорта Импульс (8,6 %), проявление этого признака отмечено у сортов Альфа (7,3 %), Лидер (7,5 %), Универсал (6,5 %), Добрыня (6,4 %), Тост 3 (3,1 %), Цезарь (1,5 %) и Синель (0,8 %).

Урожайность льносемян – важный показатель, особенно при двустороннем использовании культуры [11]. Отмечена высокая вариабельность этого признака по годам, которая достигала 82,5 % (сорт Дипломат). По урожайности льносемян сорт Альфа (Россия) значительно превысил стандарт на 30,4 % (табл. 3).

Таблица 3. **Урожайность льносемян и льносоломы у образцов льна-долгунца (среднее за 2016–2019 гг.)**

Образец, происхождение	Льносемена		Льносолома		
	г/м²	CV, %	среднее, г/м²	min…max, г/м²	CV, %
Импульс, стандарт	56	46,4	547	435…778	28,8
Александрит, Россия	60	59,1	611	250…950	47,5
Альфа, Россия	73	39,6	575	431…770	28,8
Белита, Беларусь	42	59,1	692	290…1151	55,7
Дипломат, Россия	55	82,5	589	222…974	52,1
Добрыня, Россия	51	59,1	659	450…875	35,1
Каменяр, Украина	64	59,0	493	243…668	40,1
К – 6, Россия	59	52,3	569	303…784	39,2
л 323-02, Россия	56	46,5	508	161…760	49,6
Лидер, Россия	64	39,1	524	333…743	32,2
Надежда, Россия	61	67,3	579	295…922	44,7
Синель, Россия	56	46,6	651	428…859	31,1
Смолич, Россия	66	45,4	493	274…702	35,7
Сурский, Россия	52	56,2	517	193…653	42,5
Тост 3, Россия	38	51,0	569	380…845	37,7
Универсал, Россия	45	53,8	509	416…605	18,6
Цезарь, Россия	50	38,5	566	489…647	14,2
Altea, Франция	52	67,3	608	328…902	40,1
Andrea, Франция	67	52,1	708	331…1094	44,1
China 1, Китай	56	65,7	747	387…1170	43,6
I 11, Китай	47	48,2	584	362…830	40,5
J 52263, Китай	67	60,2	706	445…1005	32,6
Marylin, Нидерланды	60	55,3	684	292…1090	48,3
92199-6-5, Китай	50	59,7	651	385…864	31,2
$НСР_{05}$	15	–	143	–	–

Показателем, определяющим производственную ценность сортов прядильного льна, считают урожайность льносоломы [20]. В среднем за четыре года испытаний у сорта Импульс она составила 547 г/м². Значительно выше величина этого показателя (более 126 % к стандарту) была у образцов China 1, J 52263 (Китай), Andrea (Франция) и Белита (Белоруссия), урожайность льносоломы которых в среднем за 4 года составила 692…747 г/м² (см. табл. 3). При этом сорта China 1, Andrea, Белита проявили высокую вариабельность признака по годам (*CV*=43,6…55,7 %), образец из Китая J 52263 оказался средневариабельным (*CV*=32,6 %). Наименьшую изменчивость признака проявили сорта Цезарь и Универсал, которые по урожайности льносоломы находились на уровне стандарта, с коэффициентами вариации 14,2 и 18,6 % соответственно.

К основным продуктам льна-долгунца относят волокно, поэтому его содержание в стеблях – важнейший показатель хозяйственной ценности сортов. Это один из наиболее стабильных признаков, за период исследований коэффициент вариации у большинства образцов не превышал 10 %. У генотипов Синель, Дипломат, Добрыня, Сурский, Andrea, Надежда, Цезарь, л.323-02 (Россия), Marylin (Голландия), Altea (Франция) выявлено наиболее высокое содержание волокна в стебле – 31…37 %, что на 5,0…11 % выше, чем у сорта Импульс (26 %). При этом сорта Цезарь, Сурский, Надежда, Andrea, Altea и селекционная линия л.323-02, значительно превзошли стандарт по выходу длинного волокна, уровень проявления признака у них составил 24,0…28,2 % (табл. 4).

По урожайности льноволокна в среднем за 4 года значительно превзошли сорт Импульс (более 115 %) образцы Дипломат, Александрит, Белита, Надежда, Тост 3, Цезарь, Синель, Добрыня, л.323-02 (Россия), J 52263 (Китай), Andrea, Altea (Франция) и Marylin (Нидерланды), у которых урожайность волокна составила 1,6…2,3 т/га, в том числе длинного – 1,4…1,8 т/га (см. рисунок).

Однако в неблагоприятных погодных условиях, которые сложились в 2017 г., большинство изучаемых образцов уступали сорту Импульс, у которого урожайность волокна составила 1,1 т/га, в том числе длинного – 0,9 т/га. В таких погодных условиях из выделившихся образцов только сорта Цезарь и Добрыня превзошли стандарт, как по урожайности всего (1,7 и 1,4 т/га), так и длинного льноволокна (1,2 и 1,0 т/га соответственно). Сорт Синель не уступал стандарту по урожайности длинного волокна, при этом превзошел его по сбору всего

Таблица 4. **Содержание всего и выход длинного волокна у образцов льна-долгунца (среднее за 2016–2019 гг.)**

Образец, происхождение	Выход длинного волокна,		Содержание волокна	
	%	CV, %	%	CV, %
Импульс, стандарт	20,3	12,1	26	3,2
Александрит, Россия	22,3	10,6	28	10,4
Альфа, Россия	21,1	11,2	28	2,3
Белита, Беларусь	21,7	11,8	29	8,1
Дипломат, Россия	23,1	11,2	31	6,1
Добрыня, Россия	22,8	17,1	32	5,0
Каменяр, Украина	15,7	19,4	24	16,4
К – 6, Россия	15,4	7,3	21	19,4
л 323-02, Россия	26,6	9,5	37	2,5
Лидер, Россия	19,5	14,4	25	1,0
Надежда, Россия	24,6	8,3	33	5,4
Синель, Россия	21,1	10,4	31	4,1
Смолич, Россия	18,7	12,2	24	4,8
Сурский, Россия	24,5	9,8	33	8,5
Тост 3, Россия	24,2	11,4	29	3,3
Универсал, Россия	19,6	10,9	29	0,7
Цезарь, Россия	24,0	11,3	35	5,0
Altea, Франция	28,2	10,3	36	7,1
Andrea, Франция	25,3	6,2	32	8,6
China 1, Китай	14,6	8,8	22	18,8
I 11, Китай	16,1	14,7	25	19,8
J 52263, Китай	20,6	12,7	27	8,4
Marylin, Нидерланды	22,9	8,2	31	6,9
92199-6-5, Китай	17,2	6,8	24	11,1
$НСР_{05}$	3,6	–	4,0	–

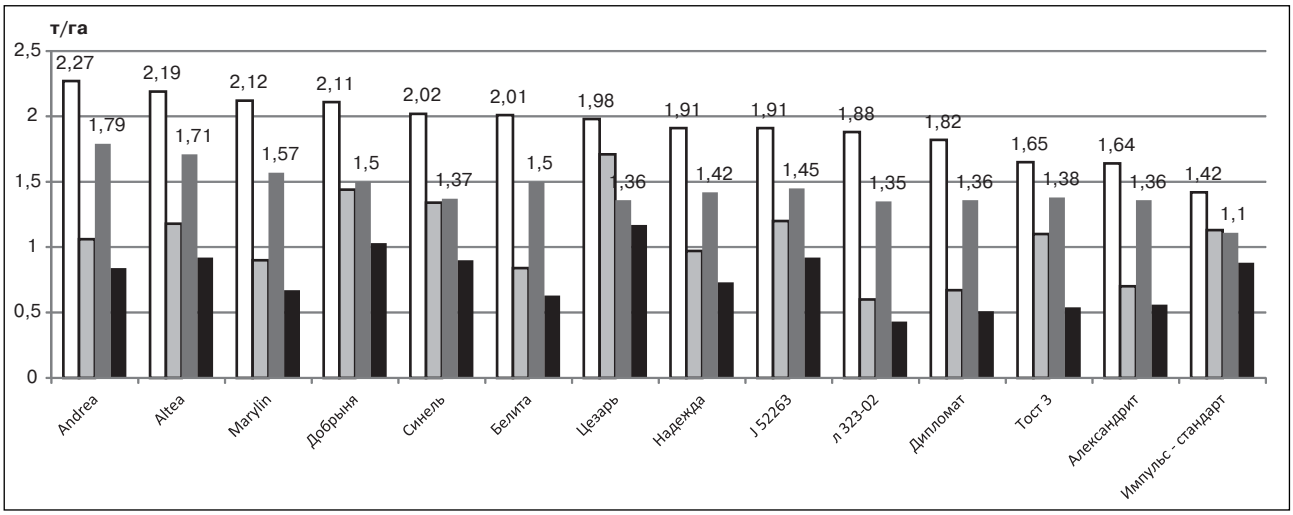


Рисунок. Урожайность всего и длинного волокна у различных генотипов льна-долгунца ($НСР_{05}$ по признаку «урожайность волокна» 2016–2019 гг. – 0,22 т/га, в 2017 г. – 0,15 т/га): □ – всего волокна 2016–2019 г.; ▨ – всего волокна 2017 г.; ▩ – длинного волокна 2016–2019 г.; ■ – длинного волокна 2017 г.

льноволокна на 0,2 т/га. Таким образом, сорта Цезарь, Добрыня и Синель обладают не только высокой урожайностью льноволокна, но и широким адаптивным потенциалом.

Оценка исследуемых коллекционных образцов в условиях вегетационного опыта на инфекционно-провокационном фоне (2017–2019 гг.) позволила дифференцировать их по устойчивости к наиболее вредоносному заболеванию льна – фузариозному увяданию: генотипы Дипломат, Александрит, Надежда, Сурский, Универсал, Цезарь, Добрыня, Смолич, л 323-02 (Россия), Белита (Беларусь), Altea, Andrea (Франция), Marylin (Нидерланды), I 11 (Китай) – проявили высокий уровень устойчивости (степень поражения менее 20 %); Альфа, К-6, Синель, Лидер, Импульс (Россия), Каменяр (Украина), China 1, J 52263, 92199-6-5 (Китай) – были средневосприимчивыми (степень поражения от 30 до 50 %), сорт Тост 3 – сильновосприимчивым (степень поражения – 73,1 %).

Выводы. По результатам испытаний образцов коллекции льна-долгунца в условиях Смоленской области (2016–2019 гг.) выделены ценные источники основных хозяйственно ценных признаков: раннеспелости – л. 323-02; высокорослости (106,3…113,8 % к сорту Импульс) – China 1, J 52263, 92199-6-5, Белита; урожайности льносемян (130,4 % к стандарту) – Альфа; урожайности льносоломы (126,5…136,6 % к стандарту) – China 1, Andrea, Белита, J 52263; содержанию и выходу длинного волокна – Цезарь, Сурский, Надежда, Andrea, Altea и л.323-02; устойчивости к фузариозному увяданию (степень поражения менее 20 %) – Дипломат, Александрит, Надежда, Сурский, Универсал, Цезарь, Добрыня, Смолич, л 323-02, Белита, Altea, Andrea, Marylin и I 11. Сорта Цезарь, Добрыня и Синель проявили высокую урожайность льноволокна – 1,98…2,11 т/га, в том числе длинного – 1,36…1,50 т/га, что выше стандарта на 39,4…48,6 и 22,5…35,1 % соответственно, а также оказались высоко адаптированными к условиям Центрального региона Нечерноземной зоны России.

Литература.

1. Рожмина Т. А., Понажев В. П. Состояние и перспективы развития льняного сектора России // Вестник Российской академии естественных наук по секции межотраслевых системных исследований. 2015. № 15. С. 59–63.

2. Goudenhooft C., Bourmaud A., Baley C. Flax (Linum usitatissimum L.) fibers for composite reinforcement: exploring the link between plant growth, cell walls development and fiber properties // Front. Plant Sci. 2019. Vol. 10. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00411/full (дата обращения: 25.02.2022).

3. Внутривидовое разнообразие льна культурного (Linum usitatissimum L.) и его роль в решении проблемы создания отечественной сырьевой базы / Т. А. Рожмина, А. И. Рыжов, И. А. Куземкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 12. С. 17–20.

4. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania // Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B Nat. Exact Appl. Sci. 2014. Vol. 68. No. 3-4. P. 184–192. doi: 10.2478/prolas-2014-0022.

5. Du G.-H., Liu F.-H., Rowland G. Fiber cell development and fiber yield of flax (Linum usitatissimum L.) affected by the seasonal temperature pattern // Can. J. Plant Sci. 2015. Vol. 95. P. 1215–1220. doi: 10.4141/cjps-2014-185.

6. Linseed for dual (seed and fiber) utilization new linseed accessions in the VIR collection, suitable for dual utilization (seed and fiber) in the north-western region of the Russian Federation / A. V. Pavlov, E. A. Porokhovinova, L. Novikova, et al. // Journal of Natural Fibers. 2021. No. 14. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15440478.2021.1952137 (дата обращения 25.02.2022). doi: 10.1080/15440478.2021.1952137.

7. Effect of photoperiod on Linum usitatissimum L. characters / N. Brach, I. Matvienk, E. Porokhovinova, et al. // Journal of Natural Fibers. 2020. Vol. 17. No. 9. P. 1345–1354. doi: 10.1080/15440478.2019.1568345.

8. Скрининг сортообразцов льна-долгунца коллекции ВИР по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона / А. Д. Степин, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 2. С. 141–151. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151.

9. Королев К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (Linum usitatissimum L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Белоруссии // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 615–621. doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.615rus.

10. Кишлян Н. В., Мельникова Н. В., Рожмина Т. А. Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 4. С. 205–212. doi: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.

11. Коллекция генетических ресурсов льна Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова / Е. А. Пороховинова, С. Н. Кутузова, А. В. Павлов и др. // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 7. № 2. С. 75–90. doi: 10.18699/LettersVJ2021-7-09.

12. Research of genetic polymorphism species Linum usitatissimum L. on a basis RAPD – method / T. A. Rozhmina, Y. B. Fu, A. Diederichsen, et al. // Journal of Natural Fibers. 2018. Vol. 15. No. 2. P. 155–161. doi: 10.1080/15440478.2016.1193083.

13. Genetic characterization of a core collection of flax (Linum usitatissimum L.) suitable for association mapping studies and evidence of divergent selection between fiber and linseed types / B. J. Soto-Cerda, A. Diederichsen, R. Ragupathy, et al. // BMC Plant Biology. 2013. Vol. 13. Article 78. URL: https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-13-78 (дата обращения 25.02.2022).

14. Романова И. Н., Глушаков С. Н. Влияние основных технологических элементов на урожайность сортов льна-долгунца в западном регионе Нечерноземной зоны // Достижения науки и техники АПК. 2014. Т. 28. № 11. С. 50–52.

15. Трабурова Е. А., Рожмина Т. А., Андреева И. А. Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 6. С. 688–696. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696.

16. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / под ред. А. В. Гардеева. М.: МСХ РФ, 2012. 212 с.

17. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические аспекты). Т. I, II. М.: Агрорус, 2001. 1489 с.

18. Грингоф Н. Г. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии (Нечерноземная зона Европейской части РСФСР). Л: Гидрометиздат, 1986. 527 с.

19. Effect of photoperiod on Linum usitatissimum L. characters / N. Brutch, I. Matvienko, E. Porokhovinova, et al. // J. Journal of Natural Fibers. 2020. Vol. 17. No. 9. P. 1345–1354.

20. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца / А. А. Жученко, Т. А. Рожмина, В. П. Понажев и др. Тверь: Тверской государственный университет, 2009. С. 272.

References

1. Rozhmina TA. Ponazhev VP. [State and development prospects of the flax production in Russia]. Vestnik Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk po sektsii mezhotraslevykh sistemnykh issledovanii. 2015;(15):59-63. Russian.

2. Goudenhooft C, Bourmaud A, Baley C. Flax (Linum usitatissimum L.) fibers for composite reinforcement: exploring the link between plant growth, cell walls development and fiber properties. Front. Plant Sci [Internet]. 2019 [cited 2022 Feb 25];10. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00411/full.

3. Rozhmina TA, Ryzhov AI, Kuzemkin IA, et al. [Intraspecific diversity of cultivated flax (Linum usitatissimum L.) and its role in solving the problem of creating a domestic raw material base]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017;(12):17-20. Russian.

4. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B Nat. Exact Appl. Sci. 2014;68(3-4):184-92. doi: 10.2478/prolas-2014-0022.

5. Du G-H, Liu F-H, Rowland G. Fiber cell development and fiber yield of flax (Linum usitatissimum L.) affected by the seasonal temperature pattern. Can. J. Plant Sci. 2015;95:1215-20. doi: 10.4141/cjps-2014-185.

6. Pavlov AV, Porokhovinova EA, Novikova L, et al. Linseed for dual (seed and fiber) utilization new linseed accessions in the VIR collection, suitable for dual utilization (seed and fiber) in the north-western region of the Russian Federation. Journal of Natural Fibers [Internet]. 2021 [cited 2022 Feb 25];(14). Available from: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15440478.2021.1952137. doi: 10.1080/15440478.2021.1952137.

7. Brach N, Matvienk I, Porokhovinova E, et al. Effect of photoperiod on Linum usitatissimum L. characters. Journal of Natural Fibers. 2020;17(9):1345-54. doi: 10.1080/15440478.2019.1568345.

8. Stepin AD, Rysev MN, Ryseva TA, et al. [Screening of varieties of fiber flax from the VIR collection in terms of flax fiber yield and adaptability parameters under the conditions of the North-West region]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020;21(2):141-51. Russian. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151.

9. Korolev KP, Bome NA. [Estimation of genotypes of fiber flax (Linum usitatissimum L.) according to ecological adaptability and stability under the conditions of the north-eastern part of Belarus]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2017;52(3):615-21. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.615rus.

10. Kishlyan NV, Mel'nikova NV, Rozhmina TA. [Mechanisms of fiber flax adaptation to increased soil acidity]. Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020;181(4):205-12. Russian. doi: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.

11. Porokhovinova EA, Kutuzova SN, Pavlov AV, et al. [Collection of flax genetic resources of the Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources]. Pis'ma v Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021;7(2):75-90. Russian. doi: 10.18699/LettersVJ2021-7-09.

12. Rozhmina TA, Fu YB, Diederichsen A, et al. Research of genetic polymorphism species Linum usitatissimum L. on a basis RAPD – method. Journal of Natural Fibers. 2018;15(2):155-61. doi: 10.1080/15440478.2016.1193083.

13. Soto-Cerda BJ, Diederichsen A, Ragupathy R, et al. Genetic characterization of a core collection of flax (Linum usitatissimum L.) suitable for association mapping studies and evidence of divergent selection between fiber and linseed types. BMC Plant Biology [Internet]. 2013 [cited 2022 Feb 25];13: Article 78. Available from: https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-13-78.

14. Romanova IN, Glushakov SN. [Influence of the main technological elements on the yield of fiber flax varieties in the western region of the Non-Chernozem Zone]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014;28(11):50-2. Russian.

15. Traburova EA, Rozhmina TA, Andreeva IA. [Screening of samples of the flax gene pool for fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020;21(6):688-96. Russian. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696.

16. Gardeev AV, editor. Bioklimaticheskii potentsial Rossii: produktivnost' i ratsional'noe razmeshchenie sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v usloviyakh izmeneniya klimata [Bioclimatic potential of Russia: Productivity and rational distribution of crops in the context of climate change]. Moscow: MSKh RF; 2012. 212 p. Russian.

17. Zhuchenko AA. Adaptivnyi potentsial kul'turnykh rastenii (ekologo-geneticheskie aspekty) [Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic aspects)]. vol. I, II. Moscow: Agrorus; 2001. 1489 p. Russian.

18. Gringof NG. Spravochnik agronoma po sel'skokhozyaistvennoi meteorologii (Nechernozemnaya zona Evropeiskoi chasti RSFSR) [An agronomist's guide to agricultural meteorology (Non-Chernozem zone of the European part of the RSFSR)]. Leningrad (USSR): Gidrometizdat; 1986. 527 p. Russian.

19. Brutch N, Matvienko I, Porokhovinova E, et al. Effect of photoperiod on Linum usitatissimum L. characters. J. Journal of Natural Fibers. 2020;17(9):1345-54.

20. Zhuchenko AA, Rozhmina TA, Ponazhev VP, et al. Ekologo-geneticheskie osnovy selektsii l'na-dolguntsa [Ecological and genetic bases of fiber flax breeding]. Tver' (Russia): Tverskoi gosudarstvennyi universitet; 2009. p. 272. Russian.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_85
УДК 631.432.22, 631.432.31

Расчет наполнения почвы влагой капиллярной каймы вдоль ее высоты

В. Г. ЖУКОВ, В. М. ЧЕСНОКОВ, Н. Д. ЛУКИН
Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха, ул. Некрасова, 11, д.п. Красково, г.о. Люберцы, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Резюме. Успешному растениеводству способствует возможность расчетной оценки распределения почвенной влаги вдоль высоты капиллярной каймы с учетом расстояния до поверхности почвы и корневой системы растений. Цель исследований состояла в аналитическом выведении формулы расчета влагонаполнения почвы и его изменения вдоль высоты капиллярной каймы, возникающей на водоносном основании. Решение основано на отношении суммарной площади пор, занятых капиллярной водой, ко всей площади пор в том же сечении, функции плотности вероятности распределения площадей пор, интегральной функции их распределения и формуле Жюрена. Получена расчетная формула влагонаполнения почвы вдоль высоты капиллярной каймы. Графики примера расчета подтверждают возможность наличия у капиллярной каймы двух слоев: насыщенного подошвенного со сплошным заполнением пор водой и ненасыщенного поверхностного. Интенсивное изменение влагонаполнения порового пространства происходит лишь вдоль относительно малого начального участка высоты капиллярной каймы от общей, определенной по формуле Жюрена. Рассчитанное численное значение этого слоя 1,4 м соответствует известным результатам полевых экспериментов, согласно которым величина этого показателя в основном находится в пределах 2 м. В этой связи он также может служить ограничением минимального размера пор, учитываемого в формуле Жюрена. Для условий рассмотренного примера размер пор оказался равным 15,1 мкм. Расчетная формула позволяет определить для конкретной почвы условие расположения участка капиллярной каймы с высоким водонаполнением в корневой зоне сельскохозяйственных культур. Сформированный аналитический подход применим к подобным задачам для пористых сред различной природы и видов функций плотности вероятности распределения пор по размерам и площадям, и в этом он универсален.
Ключевые слова: почва, влагонаполнение, капиллярная кайма, функция плотности вероятности, формула Жюрена.
Сведения об авторах: В. Г. Жуков, доктор технических наук, главный научный сотрудник (e-mail: z-v-gr@mail.ru); В. М. Чесноков, кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Н. Д. Лукин, доктор технических наук, зам. директора.
Для цитирования: Жуков В. Г., Чесноков В. М., Лукин Н. Д. Расчет наполнения почвы влагой капиллярной каймы вдоль ее высоты // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 85–90. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_85

Calculation of soil filling with capillary fringe water along its height

V. Gr. Zhukov, V.M. Chesnokov, N. D. Lukin
All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – a branch of the Federal Research Center for Potatoes named after A.G. Lorkha, ul. Nekrasova, 11, d.p. Kraskovo, g.o. Lyubertsy, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. Successful crop production is facilitated by the possibility of calculating the distribution of soil moisture along the height of the capillary-moisture zone, taking into account the distance to the soil surface and the root system of plants. The research aimed to derive analytically a formula for calculating the moisture content of the soil and its change along the height of the capillary fringe that occurs on the aquifer. The solution was based on the ratio of the total area of pores occupied by capillary water to the entire area of pores in the same section, the probability density function of the pore areas distribution, the integral function of their distribution, and the Jurin formula. The calculation formula for soil moisture content along the height of the capillary fringe was obtained. The graphs of the calculation example confirmed the possibility of having two layers of the capillary fringe: a saturated bottom layer with continuous filling of pores with water and an unsaturated surface layer. An intensive change in the moisture content of the pore space occurred only along a relatively small initial section of the capillary fringe height from the total height determined by the Jurin formula. The calculated numerical value of this layer of 1.4 m corresponded to the known results of field experiments, according to which the value of this indicator is mainly within 2 m. In this regard, it can also serve as a limitation on the minimum pore size taken into account in the Jurin formula. For the conditions of the considered example, the pore size turned out to be 15.1 μm. The calculation formula made it possible to determine the condition for the location of a capillary-moisture zone with high water content in the root zone of agricultural crops for an exact soil. The formed analytical approach is applicable to similar problems for porous media of various origins and types of probability density functions of the distribution of pores by size and area, and in this it is universal.
Keywords: soil; moisture content; capillary-moisture zone; probability density function; Jurin formula.
Author Details: V. Gr. Zhukov, D. Sc. (Eng.), chief research fellow (e-mail: z-v-gr@mail.ru); V.M. Chesnokov, Cand. Sc. (Eng.), senior research fellow; N. D. Lukin, D. Sc. (Eng.), deputy director.
For citation: Zhukov VGr, Chesnokov VM, Lukin ND. [Calculation of soil filling with capillary fringe water along its height]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):85-90. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_85.

Проблема влагонаполнения почвы связана с многочисленными задачами в растениеводстве и гидрологии почв [1, 2, 3]. Аналогичные задачи по проблемам контролируемого влагозаполнения пористых сред возникают в пищевых, химических и многих других производствах, например, в процессах центробежного отжима мелассы в производствах сахара, получения крахмала, сульфата аммония, аскорбиновой кислоты, кремнезема, талька и др. [4, 5, 6].

В своей начальной зоне над водоносным основанием капиллярная кайма вносит во влажность почвы существенно большую долю влаги, по сравнению с другими формами почвенной влаги и фактически определяет ее влажность и свойства [1, 7]. Наиболее достоверные численные значения влаги устанавливают непосредственно в трудоемких натурных полевых измерениях [1, 3, 7].

Для почвы с ее полиразмерной пористой структурой [8] с открытыми порами характерен сложный вид капиллярной каймы в виде бахромы [1, 3, 9]. Особенность распространения влаги капиллярной каймы на водоносном основании заключается в существовании двух составляющих ее общего объема: подвижной в крупных порах и фактически малоподвижной в мелких порах и в

стыках пор. Малая остальная часть обеспечивается по всему поровому пространству связанной влагой. Доля подвижной влаги капиллярной каймы интенсивно снижается по мере удаления от водоносного основания. Выше уровня завершения интенсивного снижения, но в пределах результатов расчетов по формуле Жюрена [3, 10], остается малая и практически постоянная доля влагонаполнения пор, вплоть до нескольких процентов [1, 7]. Она лишь в малой степени, фактически не выявляемой в эксперименте, дополняет влагу связанной воды.

Широта распространения и важность задач по влагонаполнению почв, разнообразие их особенностей, трудоемкость необходимых полевых работ по оценке влажности почв делают актуальной разработку удобных для применения аналитических решений, которые сегодня заключаются в подборе функций и их коэффициентов по экспериментальным табличным данным влажности почв [7, 11].

В аналитических решениях разных прикладных задач, включая сельскохозяйственные задачи по влажности почв, геометрическая структура порового пространства формализуется различными моделями [3, 12]. Их обычно представляют в виде системы трубок, составленных из цилиндров круглого поперечного сечения [9, 10]. Для таких моделей строят экспериментальные гистограммы результатов частотного распределения поперечных размеров пор для конкретной пористой среды, которые математически описывают функциями плотности вероятности некоторого параметра x. Он может относиться к поперечному размеру, площади или объему поры. Часто встречающиеся результаты гистограмм для почв дают распределение логнормального типа [6, 8, 9]:

$$y_x = \frac{c}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \ln a}{\sigma}\right)^2}, \quad (1)$$

где y_x – частота проявления поры параметра x; a, c и σ – коэффициенты, рассчитываемые по конкретной экспериментально полученной гистограмме.

Для трубчатых пор высоту поднятия жидкости рассчитывают по формуле Жюрена, которая для моделей пор круглого поперечного сечения имеет вид:

$$H \approx \lambda \frac{4\cos\theta}{d}, \quad (2)$$

где H – высота поднятия столба капиллярной жидкости при угле θ смачивания стенок капилляра, м; d – поперечный размер (в данном случае диаметр) поры круглого поперечного сечения, м; $\lambda = \alpha/\rho g$ – удельное поверхностное натяжение, м^2; α – поверхностное натяжение, Н/м; ρ – плотность жидкости, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Плотностью воздуха в технических расчетах капиллярных эффектов в воздушно-капельной среде обычно пренебрегают [1, 3, 11].

Формула (2) выведена для статической задачи определения высоты подъема жидкости за счет мениковых сил в тонких вертикальных капиллярах. Она не предусматривает ограничений на размер пор d по их максимальной d_{max} и минимальной d_{min} величинам. Имеются работы, уточняющие формулу Жюрена [7, 10]. При этом вносимые ими уточнения соизмеримы с погрешностями, возникающими из-за естественного разброса параметров пористой структуры почв, модельного характера порового пространства и методик измерений [13]. Поэтому в аналитических расчетах влагонаполнения почв форму мениска обычно принимают симметричной относительно оси капилляра, и наклон капилляров в пространстве не учитывают, применяя формулу (2) [1, 3].

В общем случае капиллярная кайма на водоносном основании состоит из подошвенного и поверхностного слоев [14]. Подошвенный слой капиллярной каймы высотой H_p начинается от границы водоносного основания и образуется, если наибольший поперечный размер d_{max} капилляров меньше предельного d_{lim} или равен ему для данной системы «пористая среда-капиллярная жидкость» ($d_{max} \le d_{lim}$) [15]. Его высоту H_p определяет уровень поднятия воды в капиллярах наибольшего размера. Вдоль отрезка $0...H_p$ все поры заполнены капиллярной жидкостью, то есть имеет место полное насыщение порового объема. При наличии пор, поперечный размер которых превышает предельный ($d_{max} > d_{lim}$), подъем жидкости в капиллярах отсутствует. Поэтому отсутствует и подошвенный слой ($H_p = 0$) [14].

Начиная с высоты H_p, сил поверхностного натяжения становится недостаточно для поднятия жидкости в менее крупных порах $d < d_{max}$. С этой высоты начинается поверхностный слой капиллярной каймы в виде «бахромы» заполненных жидкостью капилляров, и влагонаполнение порового объема становится неполным, ненасыщенным. Максимальная высота поднятия капиллярной жидкости H_{max} возможна в порах наименьшего размера d_{min}.

Цель исследований – аналитическим путем вывести формулу расчета изменения влагонаполнения порового объема почвы влагой капиллярной каймы на водоносном основании вдоль всей ее высоты с использованием результатов отработанных экспериментальных методик лабораторного определения функций плотности вероятности распределения пор по величине.

Условия, материалы и методы. Аналитическое исследование основано на общих физических представлениях структуры почвы с капиллярной каймой на водоносном основании. Почва смоделирована в виде однородной статистически упорядоченной пористой среды с открытыми порами, образующими вертикальные цепочки сообщающихся трубок круглого поперечного сечения. Капиллярная кайма занимает в общем случае часть высоты почвенного слоя. пористой среды. Под влагонаполнением подразумевается степень заполнения сечений пор капиллярной жидкостью в виде отношения суммарного сечения пор, заполненных капиллярной жидкостью, к общей сумме сечений пор на той же высоте капиллярной каймы. Это близко по смыслу коэффициенту водонасыщения (ГОСТ 25100-2011), который отличается учетом всей влаги, объема и массы пористой среды. Иные формы влаги, кроме влаги капиллярной каймы, приняты постоянными по поровому пространству. Положение жидкости в капиллярной кайме считали статически уравновешенным. Аналитический подход к решению основан на функции плотности вероятности, получаемой по экспериментальным лабораторным гистограммам распределения площадей пор по размерам, дополненной интегральной функцией их распределения и формулой Жюрена. Расчеты проводили с использованием программы Mathcad.

Результаты и обсуждение. Определим влагонаполнение полиразмерного порового пространства почвы водой капиллярной каймы, основываясь на функ-

ции плотности вероятности (1) распределения пор по x (за x примем безразмерную площадь поры):

$$f = \frac{s}{s_{max}}, \quad (3)$$

где $s=Kd^2$ – размерная площадь поры поперечного размера d; K – коэффициент формы поперечного сечения поры.

Поверхность капиллярной каймы образуется в порах $d \le d_{max}$ менисками воды. В соответствии с формулой Жюрена под каждым мениском подвижная капиллярная вода полностью заполняет всю цепочку пор d вплоть до зеркала водоносного основания. Поперечный размер d заполненных пор становится все меньше по высоте H пористого слоя. Минимальную высоту поднятия жидкости H_{min} обусловливает по (2) цепочка пор наибольшего размера d_{max}, максимальную H_{max} – цепочка пор наименьшего размера d_{min}.

С учетом условия однородности среды влагонаполнение ψ на уровне H конкретного сечения пористого слоя соответствует отношению суммарной площади A_f пор ($d...d_{max}$), занятых капиллярной жидкостью, и тех, у которых по (2) на этой высоте расположен мениск, к общей площади A_Σ всех пор ($d_{min}... d_{max}$) в том же сечении:

$$\psi = \frac{A_f}{A_\Sigma}. \quad (4)$$

В принятой логнормальной функции плотности вероятности (1) аргументом служит безразмерная площадь пор f. С учетом (2) и (3) получаем безразмерный, нормированный вид площади поры

$$f = \frac{d^2}{d_{max}^2} = \left(\frac{H_{min}}{H}\right)^2 = \left(p\frac{H_{max}}{H}\right)^2, \quad (5)$$

где

$$p = \frac{d_{min}}{d_{max}} = \frac{H_{min}}{H_{max}} = \left(\frac{s_{min}}{s_{max}}\right)^{0,5}, \quad (6)$$

$$s_{min} = Kd_{min}^2,\ s_{max} = Kd_{max}^2.$$

С переходом к безразмерному (нормированному) виду площади f по (3) коэффициент формы поперечного сечения пор K взаимно сокращается в числителе и знаменателе (5) и далее в вычислениях не участвует.

Для поиска нормированной функции влагонаполнения в зависимости от координаты высоты H в слое капиллярной каймы перейдем к относительной форме выражения высоты:

$$h = \frac{H}{H_{max}},\ h_{max} = 1,\ h_{min} = p. \quad (7)$$

Поскольку из (2) следует

$$d = \lambda\frac{4\cos\theta}{H}, \quad (8)$$

то из (5) с учетом (6)-(8) получаем

$$f = p^2h^{-2},\ f_{max} = 1,\ f_{min} = p^2. \quad (9)$$

Примем по (1) условие соответствия плотности вероятности распределения безразмерных площадей пор y_f логнормальной функции, в которой по (1) параметр x представляет собой безразмерную площадь f:

$$y_f = \frac{c}{f\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln f-\ln a}{\sigma}\right)^2}. \quad (10)$$

Для расчета влагонаполнения по (4) необходимо вначале определить для одного и того же произвольного сечения пористой среды функции суммарных площадей пор $A=\{A_f; A_\Sigma\}$. Это функции распределения (кумулятивные функции) безразмерных площадей пор f, которые определяются из условия:

$$y_f = \frac{dA}{df}. \quad (11)$$

Из (11) получаем с учетом (9) и (10):

$$A_f = \int_{f_{min}}^{f}\frac{c}{f\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln f-\ln a}{\sigma}\right)^2}df. \quad (12)$$

Площадь A_f по (12) отражает суммарную величину размеров всех пор от 0 до текущего значения d. В таком виде она пока не связана с условием наличия или отсутствия в них капиллярной жидкости. Общая площадь A_Σ пор в том же сечении, не связанная с капиллярной каймой, будет с учетом принятых ограничений равна:

$$A_\Sigma = \int_{f_{min}}^{f_{max}}\frac{c}{f\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln f-\ln a}{\sigma}\right)^2}df. \quad (13)$$

Для принятого условия однородности пористой среды ее величина постоянна по всей высоте (A_Σ=const). Тогда по (3) с учетом (12), (13) получаем расчетную формулу как функцию площадей пор:

$$\psi_f = \frac{\int_{f_{min}}^{f}\frac{1}{f}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln f-\ln a}{\sigma}\right)^2}df.}{\int_{f_{min}}^{f_{max}}\frac{1}{f}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln f-\ln a}{\sigma}\right)^2}df.} \quad (14)$$

График ψ_f по (14) показывает характер влияния относительной площади пор f, начиная с наименьших размеров пор d_{min}, дающих f_{min}, до их текущего значения d, дающих f. При этом в (14) произошло сокращение постоянного коэффициента с.

Заметим, что формула (14) связана с распределением пор по площадям, но не показывает высоту расположения их сечений, где расположен мениск, поскольку пока не связана с формулой Жюрена (1).

С заменой по (9) переменной в (14) и пределов интегрирования функция влагонаполнения ψ_h в зависимости от текущей относительной величины h по (7), то есть от относительной высоты положения мениска жидкости, будет определяться формулой:

$$\psi_h = \frac{\int_{h_{min}}^{h}\frac{1}{h}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(p^2h^{-2})-\ln a}{\sigma}\right)^2}dh.}{\int_{h_{min}}^{h_{max}}\frac{1}{h}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(p^2h^{-2})-\ln a}{\sigma}\right)^2}dh.} \quad (15)$$

Теперь формула (15) связана с формулой Жюрена (1) соотношением (8). В ней текущее значение параметра h соответствует относительной высоте сечения капиллярной каймы, до которого определяется влагонаполнение. Фактически интегрирование в числителе (15) регистрирует постепенное наращивание площади сечений цепочек пор размером, начиная с d_{min}, по мере появления в них менисков, заполненных водой капиллярной каймы.

При $h=h_{min}$, что соответствует $d=d_{max} \le d_{lim}$, формула (15) дает ψ_h=1. При $h=h_{max}$=1, когда $d=d_{min}$, имеем ψ_h=0. Это соответствует характеру влагонаполнения почвы водой капиллярной каймы. Общее влагонаполнение почвы ψ будет складываться из ψ_h и того, что дают другие формы влаги в почве Δψ=const:

$$\psi = \Delta\psi + (1-\Delta\psi)\psi_h. \quad (16)$$

Если величину h считать всей относительной толщиной почвы, то формула (16) с учетом (15) будет опре-

делять общее влагонаполнение почвы капиллярной водой. Следовательно, зная глубину корневой системы растений, можно рассчитать общее влагонаполнение почвы в их зоне.

Формула (15) соответствует логнормальному виду плотности распределения размеров пор. При этом очевидна возможность встраивания в формулу (4) иных видов распределений, которые дают возможность получать уравнения для конкретных почв, аналогичные формуле (15). Поэтому по отношению к видам распределений разработанная методика универсальна. Рассчитываемые по ним результаты будут давать кривые влагонаполнения конкретных пористых сред по высоте их капиллярной каймы с точностью, соответствующей точности экспериментальных функций плотности вероятности распределения пор по размерам.

В (15) отсутствуют в явном виде параметры физических свойств пористой среды и капиллярной воды: ρ, α, θ. Такая связь оказывается явной, если в (15) выразить высоту в абсолютном виде при подстановке (7) в (2):

$$h = \frac{H}{H_{max}} = H\frac{\rho g}{\alpha}\frac{d_{min}}{4\cos\theta}. \qquad (17)$$

Поскольку при выводе формулы (15) не накладывалось каких-либо ограничений на характер функции плотности вероятности распределения размеров пор и их сечений в поровом пространстве, разработанная методика применима к подобным задачам для различных пористых сред и технологических процессов.

Таким образом, формула (15) позволяет проводить расчет изменения влагонаполнения подвижной капиллярной водой порового пространства вдоль высоты капиллярной каймы на влагоносном основании.

В качестве примера рассчитаем влагонаполнение почвы водой капиллярной каймы на водоносном основании при $d_{max}=120\cdot10^{-6}$ м; $\lambda=72\cdot10^{-6}$ м^2, $\theta=\pi/4$, $p=d_{min}/d_{max}=10^{-2}$; коэффициенты в функции плотности вероятности (10) равны a=0,143 и σ=0,849. Показатели для почвенной влаги близки тем, что приведены в [15]. Необходимо построить кривую функции влагонаполнения ψ_h по (15) вдоль всей относительной высоты капиллярной каймы h=0…1.

Рассчитанная по (15) кривая влагонаполнения почвы объясняет особенности влагонаполнения почвы капиллярной водой. Анализ кривой ψ_h, соответствующей всему диапазону относительной высоты капиллярной каймы (рис. 1), свидетельствует о том, что на отрезке 0…h^* все поры заполнены капиллярной водой, поскольку даже в самых больших имеется столб воды высотой h_p. Поэтому поровый объем насыщен, влагонаполнение на этом отрезке постоянно ψ_h=1. Для данных примера соответствии с (7) значение относительной высоты подошвенного слоя, на всем протяжении которого ψ_h=1, равно h_p=0,01 и в абсолютном значении составляет по (17) $H_{min}=H_p$=0,1749 м. Оно также соответствует расчету по формуле Жюрена (2).

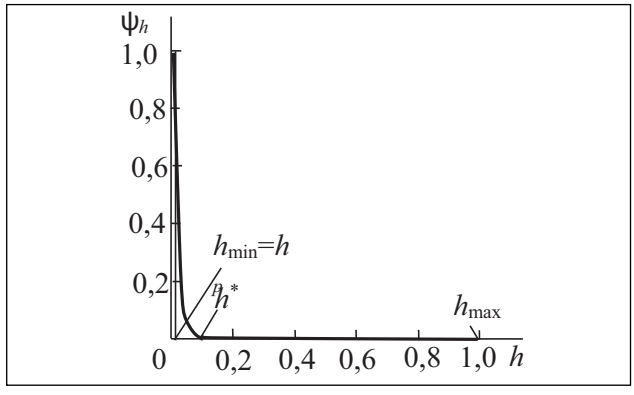


Рис. 1. График ψ_h-h изменения влагонаполнения почвы по относительной высоте всей капиллярной каймы, рассчитанной по формуле Жюрена: ψ_h – влагонаполнение; $h^*\approx0,08$ – относительная высота интенсивного изменения влагонаполнения; $h_{min}=h_p$=0,01 – относительная высота подошвенного слоя; h_{max}=1,0 – максимальная относительная высота капиллярной каймы.

Над подошвенным слоем, начиная с относительной высоты $h>h^*$, все бóльшая высота подъема воды за счет капиллярных менисковых сил обеспечивается лишь в порах все меньших размеров. У капиллярной каймы появляется поверхность, контактирующая с воздухом в виде весьма раздробленной капиллярной «бахромы». В ней поровый объем становится ненасыщенным и происходит интенсивное снижение влагонаполнения ψ_h с 1 практически до 0 на отрезке высот h_p… h^* в соответствующей группе пор d^*…d_{max} при условии $d_{max}\leq d_{lim}$) (рис. 2).

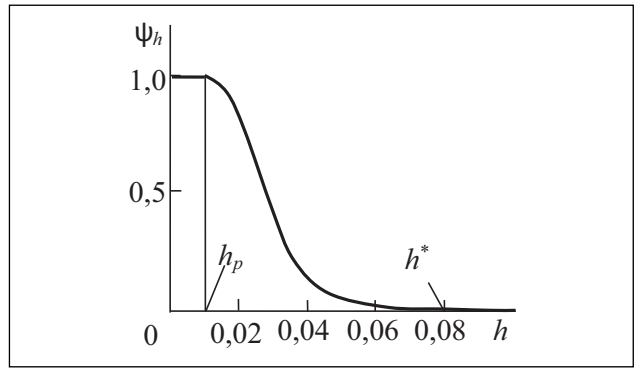


Рис. 2. График изменения влагонаполнения почвы по высоте возникающей капиллярной каймы по рис. 1 с увеличенным масштабом оси абсцисс h=0…0,1.

Такой вид кривой полностью соответствует известным экспериментальным данным для почв [1, 2, 9]. С пересчетом на абсолютную высоту H, учитывающую физические свойства системы почва-капиллярная вода по (17), существенное снижение влагонаполнения порового объема будет наблюдаться от уровня высоты подошвы H_p =0,1749 м до высоты $H^*=H_{max}h^*$=1,4 м (см. рис. 2). На большей высоте $H>H^*$ расчетное снижение влагонаполнения можно считать несущественным [13]. Высота расположения мениска на уровне H^* соответствует по (8) заполнению водой пор размером d^*=15,1 мкм. Значит, для условий примера можно учитывать с некоторым запасом лишь те выявляемые в экспериментальных замерах поры, размер которых превышает эту величину, и определять влагонаполнение подвижной капиллярной водой в пределах высоты 1,5 м от зеркала водоносного горизонта. Ограничение пор наименьшим размером d^* упрощает экспериментальное построение гистограммы распределения пор по размерам.

В известных экспериментах также отмечается, что капиллярная кайма в мелких порах практически не добавляет влаги [1, 3]. Точнее, добавляет увлажнение, близкое к погрешности ее определения в полевых условиях [13] и малоощутимое, в сравнении с увлажнением за счет той, что без капиллярной каймы создано всей неподвижной и связанной влагой. Поэтому исследователи учитывают в экспериментах только существенные изменения величины влаги, создаваемые капиллярной

каймой на ее небольшой начальной части [1], фактически на отрезке высот 0…h^*. В абсолютных единицах эта высота обычно при полевой оценке влагонаполнения не превышает 2-х м [1, 3, 8], что близко значению H^*=1,4 м в рассмотренном примере.

В поверхностной части капиллярной каймы на высотах h^*…h_{max} график ψ_h становится практически прямой, совпадающей с осью абсцисс, поскольку $\psi_h \approx 0$. При значениях больше h_{max} капиллярная кайма в почве теоретически отсутствует.

Если учитывать общее влагонаполнение по формуле (16), то ось абсцисс будет проходить ниже на величину $\Delta\psi$. В этом случае, начиная с h^*, кривая ψ_h практически сольется с прямой $\Delta\psi$=const, параллельной оси абсцисс, и весь график будет полностью соответствовать экспериментальным данным [1, 3].

Выводы. Получена формула расчета влагонаполнения порового объема почвы водой капиллярной каймы на водоносном основании. Методика аналитического подхода вывода формулы базируется на отработанных методиках получения экспериментальных гистограмм статистического распределения пор по размерам, и соответствует достигнутой в них точности.

Формула позволяет рассчитывать изменение влагонаполнения по высоте капиллярной каймы с учетом статистического характера величины площади пор. Решение допускает формальное применение функций плотности вероятности распределения размеров пор и их площадей различных видов, и потому по отношению к видам функций оно универсально. Функция плотности вероятности определяется для конкретной почвы.

Пример расчета дал результаты, соответствующие известным экспериментальным кривым полевой оценки влажности почв. Изменением пределов интегрирования определяется вклад во влагонаполнение пор от отдельных размерных кластеров, вплоть до конкретного размера или полного учета всего размерного ряда пор, а также физических свойств воды в капиллярной кайме. Графики примера расчета подтверждают возможность наличия у капиллярной каймы двух слоев: насыщенного подошвенного и ненасыщенного поверхностного. Интенсивное изменение влагонаполнения порового пространства происходит лишь на относительно малой высоте ненасыщенного поверхностного слоя капиллярной каймы от общего, рассчитанного по формуле Жюрена. Изменение влагонаполнения на остальной части высоты капиллярной каймы незначительно и перекрывается погрешностью ее определения в полевых условиях. Полученная формула позволяет рассчитать влагонаполнение почвы и его изменение в зоне корневой системы растений. Примером расчета подтверждено, что основной объем влаги капиллярной каймы вносит подвижная часть ее воды, поднявшейся по крупным порам.

Разработанная методика аналитического подхода применима к подобным задачам для различных пористых сред и технологических процессов, например, в условиях центробежного фильтрования.

Литература

1. Роде А. А. Почвенная влага. М.: АН СССР, 1952. 459 с.

2. Савельев Ю. А., Добрынин Ю. М., Ишкин П. А. Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса испарения почвенной влаги // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 23–28.

3. Hillel D. Introduction to Environmental Soil Physics / 1st Edition. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. 494 p.

4. Shilyaev M. I., Khromova E. M. Calculation of the Residual Concentration of Liquid During Gravitational Filtering in a Granulated Bed // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017. Vol. 51. No. 2. P. 232–237. doi:10. 1134/S0040579517020099.

5. Multiphase porous media modelling: A novel approach to predicting food processing performance / M. I. H. Khan, M. U. H. Joardder, C. Kumar, et al. // Critical reviews in food science and nutrition. 2018. Vol. 58. No. 4. P. 528–546. doi:10. 1080/10408398. 2016. 1197881.

6. Critical assessment of the pore size distribution in the rim region of high burnup UO2 fuels / F. Cappia, D. Pizzocri, A. Schubert, et al. // Journal of Nuclear Materials. 2016. Vol. 480. P. 138–149. doi: 10. 1016/j. jnucmat. 2016. 08. 010.

7. Van Genuchten M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil science society of America journal. 1980. Vol. 44. No. 5. P. 892–898. doi: 10. 2136/sssaj1980. 03615995004400050002x.

8. Распределение пор по размерам в суглинистых почвах: сравнение микротомографического и капиллярометрического методов определения / Е. В. Шеин, Е. Б. Скворцова, А. В. Дембовецкий и др. // Почвоведение. 2016. № 3. С. 344–354. doi: 10. 7868/S0032180X16030096.

9. Dynamics of Viscous Entrapped Saturated Zones in Partially Wetted Porous Media / S. Li, M. Lui, D. Hanaor, et al. // Transport in Porous Media. 2018. VOL. 125. No. 2. P. 193–210. doi: 10. 1007/s11242-018-1113-3.

10. Gründing D., Fricke M., Bothe D. Capillary Rise – Jurin's Height vs Spherical Cap. // Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics. 2019. Vol. 19. No. 1. doi: 10. 1002/pamm. 201900336.

11. Функциональное представление водоудерживающей способности и относительной гидравлической проводимости почвы с учетом гистерезиса / В. В. Терлеев, Р. С. Гиневский, В. А. Лазарев и др. // Почвоведение. 2021. № 6. С. 715–724. doi:10. 31857/S0032180X21060149.

12. Xiong Q., Baychev T. G, Jivkov A. P. Review of pore network modeling of porous media: Experimental characterisations, network constructions and applications to reactive transport // Journal of Contaminant Hydrology. 2016. Vol. 192. P. 101–117. doi: 10. 1016/j. jconhyd. 2016. 07. 002.

13. Русецкас Ю. Ю. Метод определения полной влагоемкости и общей пористости почв // Почвоведение. 2004. № 2. С. 203–208

14. Жуков В. Г., Чесноков В. М., Лукин Н. Д. Графоаналитическое определение влагосодержания подвижной жидкости в капиллярной кайме пористой среды // Всё о мясе. 2020. № 5S. С. 111–114. doi: 10. 21323/2071-2499-2020-5S-111-114.

15. Жуков В. Г., Чесноков В. М., Лукин Н. Д. Формализация понятия капилляра круглого поперечного сечения с учетом краевого угла смачивания // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. Т. 2-3. № 374-375. С. 61–65. doi:10. 26297/0579-3009. 2020. 2-3. 16.

Referencesis

1. Роде А.А. Почвенная влага. М.: АН СССР, 1952. 459 с. [Rode A.A. Soil moisture. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1952. 459 p. (Pochvennaya vlaga)]

2. Савельев Ю.А., Добрынин Ю.М., Ишкин П.А. Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса испарения почвенной влаги // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 23–28. https://doi.org/10.22314/2073-

7599-2017-1-23-28 [Savel'ev Yu.A., Dobrynin Yu.M., Ishkin P.A. Theoretical study of soil water balance and process of soil moisture evaporation // Agricultural Machinery and Technologies. 2017. №1. P. 23–28. https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-1-23-28 (Teoreticheskoye issledovaniye vodnogo balansa pochvy i protsessa ispareniya pochvennoy vlagi)]

3. Hillel D. Introduction to Environmental Soil Physics. – 1st Edition. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. 494 p. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-348655-4.X5000-X

4. Shilyaev M. I., Khromova E. M. Calculation of the Residual Concentration of Liquid During Gravitational Filtering in a Granulated Bed // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017. V. 51. No. 2. P. 232–237. doi:10.1134/S0040579517020099

5. Multiphase porous media modelling: A novel approach to predicting food processing performance / Khan M.I.H., Joardder M.U.H., Kumar C. et al. // Critical reviews in food science and nutrition. 2018. V. 58. No. 4. P. 528–546. doi:10.1080/10408398.2016.1197881

6. Cappia F., Pizzocri D., Schubert A., Paperini G., Pellottiero D., Macián-Juan R., Rondinell V.V. Critical assessment of the pore size distribution in the rim region of high burnup UO2 fuels // Journal of Nuclear Materials. 2016. V. 480. P. 138-149. https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2016.08.010

7. Van Genuchten M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil science society of America journal. 1980. V. 44. No. 5. P. 892–898. doi:10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x

8. Распределение пор по размерам в суглинистых почвах: сравнение микротомографического и капиллярометрического методов определения / Шеин Е.В., Скворцова Е.Б., Дембовецкий А.В. и др. // Почвоведение. 2016, № 3. С. 344–354. doi:10.7868/S0032180X16030096 [Pore size distribution in loamy soils: comparison of microtomographic and capillarimetric methods of determination / Shein E.V., Skvortsova E.B., Dembovetskiy A.V. et al. // Soil Science. 2016, No. 3. P. 344–354. doi:10.7868/S0032180X16030096 (Raspredeleniye por po razmeram v suglinistykh pochvakh: sravneniye mikrotomograficheskogo i kapillyarimetricheskogo metodov opredeleniya)]

9. Dynamics of Viscous Entrapped Saturated Zones in Partially Wetted Porous Media / Li S., Lui M., Hanaor D. et al. // Transport in Porous Media. 2018. V. 125. No. 2. P. 193–210. doi:10.1007/s11242-018-1113-3

10. Gründing D., Fricke M., D. Bothe D. Capillary Rise – Jurin's Height vs Spherical Cap.// Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics. 2019. V. 19. No. 1. https://doi.org/10.1002/pamm.201900336

11. Функциональное представление водоудерживающей способности и относительной гидравлической проводимости почвы с учетом гистерезиса / Терлеев В.В., Гиневский Р.С., Лазарев В.А. и др. // Почвоведение. 2021. № 6. С. 715–724. doi:10.31857/S0032180X21060149 [Functional representation of water-holding capacity and relative hydraulic conductivity of the soil taking into account hysteresis / Terleev V.V, Ginevsky R.S, Lazarev V.A. et al. // Soil Science. 2021. No. 6. P. 715–724. doi:10.31857/S0032180X21060149 (Funktsional'noye predstavleniye vodouderzhivayushchey sposobnosti i otnositel'noy gidravlicheskoy provodimosti pochvy s uchetom gisterezisa)]

12. Xiong Q., Baychev T.G, Jivkov A. P. Review of pore network modeling of porous media: Experimental characterisations, network constructions and applications to reactive transport // Journal of Contaminant Hydrology. 2016. V. 192. P. 101–117. https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2016.07.002

13. Русецкас Ю.Ю. Метод определения полной влагоемкости и общей пористости почв // Почвоведение. 2004. № 2. С. 203-208 [Ruseckas Yu.Yu. Method for determining the total moisture capacity and total porosity of soils // Pochvovedenie. 2004. No. 2. S. 203-208 (Metod opredeleniya polnoy vlagoyemkosti i obshchey poristosti pochv)]

14. Жуков В.Г., Чесноков В.М., Лукин Н.Д. Графоаналитическое определение влагосодержания подвижной жидкости в капиллярной кайме пористой среды // Всё о мясе. 2020. № 5S. С. 111-114. https://doi.org/10.21323/2071–2499–2020–5S-111-114 [Zhukov V.G., Chesnokov V.M., Lukin N.D. Graphoanalytical determination of the moisture content of a mobile liquid in the capillary border of a porous medium // All about meat. 2020. No. 5S. P. 111-114. https://doi.org/10.21323/2071–2499–2020–5S-111-114 (Grafoanaliticheskoye opredeleniye vlagosoderzhaniya podvizhnoy zhidkosti v kapillyarnoy kayme poristoy sredy)]

15. Жуков В.Г., Чесноков В.М., Лукин Н.Д. Формализация понятия капилляра круглого поперечного сечения с учетом краевого угла смачивания // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 2-3. № 374-375. С. 61-65. doi:10.26297/0579-3009.2020.2-3.16 [Zhukov V.G., Chesnokov V.M., Lukin N.D. Formalization of the concept of a capillary with a circular cross-section taking into account the contact angle of wetting. Izvestiya vysshikh educational institutions. Food technology. 2020. No. 2-3. No. 374-375. P. 61-65. doi:10.26297/0579-3009.2020.2-3.16 (Formalizatsiya ponyatiya kapillyara kruglogo poperechnogo secheniya s uchetom krayevogo ugla smachivaniya)]

21.03.2022 г. скоропостижно скончался **ИЛЬИН ЛЕОНИД ИНОКЕНТЬЕВИЧ**, директор ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», кандидат экономических наук.

Леонид Инокентьевич прожил яркую и достойную жизнь, был человеком блестящего интеллекта, огромной эрудиции, автором уникальных трудов в области земледелия и растениеводства.

Обладая разносторонними знаниями и применяя их на практике, Леонид Инокентьевич сыграл огромную роль в развитии российской науки, много сделал для воспитания молодых российских исследователей, которым он передавал свою любовь к науке и постоянное стремление к новым открытиям. Он был и остается примером служения науке.

В связи с невосполнимой утратой выражаем глубокие соболезнования родным и близким, коллегам Леонида Инокентьевича Ильина.

Светлая память об этом человеке навсегда останется в наших сердцах.

Коллектив ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН».

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_91
УДК 636.367/368:636.082.13:575

Генетическая структура печорской популяции полутонкорунных овец по аллелям STR локусов*

В. С. МАТЮКОВ, Я. А. ЖАРИКОВ, Л. А. КАНЕВА
Институт агробиотехнологий Федерального исследовательского центра Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, 27, Сыктывкар, Республика Коми, 167023, Российская Федерация

Резюме. Для оценки генетического разнообразия и структуры полутонкорунных овец печорской популяции генотипировали 59 овцематок генофондного стада по 12 полиморфным локусам STR. Всё генотипированное поголовье в соответствии с происхождением было разделено на 2 субпопуляции. В первую (1.1) вошли помеси, полученные от скрещивания животных печорской породной группы с породами ромни-марш и куйбышевская, во вторую (1.2) – помеси, произошедшие от скрещивания особей северной аборигенной, печорской породной группы и породы ромни-марш. Суммарно по 12-и локусам микросателлитов в обеих субпопуляциях выявили 94 аллеля, из них в первой 84 аллеля, второй – 80 аллелей. Наибольшее аллельное разнообразие установили по локусам INRA005, INRA023, наименьшее – MAF214, избыток гетерозигот – по локусам MAF065 и INRA063. В субпопуляции 1.1 положительные значения F_{IS} зафиксировали по пяти локусам, в субпопуляции 1.2 – по двум. В субпопуляции 1.2 избыток гетерозигот был выше, чем в 1.1. Средние индексы F_{IS} по 12 локусам микросателлитов в каждой из субпопуляций были отрицательными. Различия между субпопуляциями по значениям F_{IS}, общему и эффективному числу аллелей на локус, уровню ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности не значимы. Генетическая дифференциация между субпопуляциями, оценённая с помощью F_{ST}, была равна 0,015, генетическая дистанция по Нею D_N – 0,089. В субпопуляции 1.1 выявлено 12 приват-аллелей, в субпопуляции 1.2 – восемь. Учитывая фенотипические, породные и генеалогические различия субпопуляций, выявленные приват-аллели в 1.2, по-видимому, характеризуют реликтовый аллелофонд северной аборигенной овцы. Приват-аллели субпопуляции 1.1 – аллелофонд куйбышевской породы.
Ключевые слова: овцы, микросателлиты, приват-аллели, генетические различия, популяция, северная аборигенная овца.
Сведения об авторах: В. С. Матюков, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: nipti38@mail.ru); Я. А. Жариков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; Л. А. Канева, зав. отделом.
Для цитирования. Матюков В. С., Жариков Я. А., Канева Л. А. Генетическая структура печорской популяции полутонкорунных овец по аллелям STR локусов // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. №3. С. 91–96. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_91

**работа выполнена в рамках Государственного задания № 02106411598-8-4.4.4*

Genetic structure of the Pechora population of semifine-wool sheep by alleles of STR-loci

V.S. Matyukov, Y.A. Zharikov, L.A. Kaneva
Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Rucheynaya, 27, Syktyvkar, Republic of Komi, 167023, Russian Federation

Abstract. To assess the genetic diversity and structure of semifine-wool sheep of the Pechora population, 59 ewes of the gene pool flock were genotyped for 12 polymorphic STR-loci. The entire genotyped livestock was divided into 2 subpopulations according to the origin. The first subpopulation (1.1) included crossbreeds obtained from crossing animals of the Pechora breed group with the Romney Marsh and Kuibyshev breeds. The second one (1.2) included crossbreeds derived from crossing individuals of the northern native, Pechora breed group and the Romney Marsh breed. A total of 94 alleles were identified for 12 microsatellite loci in both subpopulations, of which 84 alleles were found in the first subpopulation, and 80 alleles in the second. The highest allelic diversity was found for the INRA005 and INRA023 loci, the lowest for MAF214, and the excess of heterozygotes for the MAF065 and INRA063 loci. In subpopulation 1.1 positive FIS values were recorded at five loci, and in subpopulation 1.2 at two loci. In subpopulation 1.2 the excess of heterozygotes was higher than in 1.1. Avarage FIS indices for 12 microsatellite loci in each of the subpopulations were negative. Differences between subpopulations in FIS values, total and effective number of alleles per locus, level of expected and observed heterozygosity were not significant. The genetic differentiation between subpopulations, estimated using FST, was 0.015 while the Nei genetic distance (DN) was 0.089. 12 private alleles were identified in subpopulation 1.1, and 8 were found in subpopulation 1.2. Considering the phenotypic, breed, and genealogical differences between the subpopulations, the identified private alleles in 1.2 seem to characterize the relict allele pool of the northern native sheep. The private alleles of subpopulation 1.1 were the allele pool of the Kuibyshev breed.
Keywords: sheep; microsatellites; private alleles; genetic differences; population; northern native sheep.
Author Details: V.S. Matyukov, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow (e-mail: nipti38@mail.ru); Y.A. Zharikov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; L.A. Kaneva, head of the department.
For citation: Matyukov VS, Zharikov YA, Kaneva LA. [Genetic structure of the Pechora population of semifine-wool sheep by alleles of STR-loci]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):91-6. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_91.

Овцы печорской породной группы выведены на севере Республики Коми в хозяйствах Усть-Цилемского и Ижемского районов в 1930–50-е гг. путем скрещивания маток северной аборигенной грубошерстной короткотощехвостой овцы с баранами полутонкорунной мясошерстной породы ромни-марш [1].

Животные материнской популяции исторически были широко распространены по всему Северу Европы, включая Европейский Север России [2]. Вплоть до конца 1960-х гг. в деревнях бассейнов рек Печоры и Мезени (Республика Коми, Ненецкий Автономный округ, Архангельская область) их можно было встретить повсеместно на колхозных овцеводческих фермах и в индивидуальных хозяйствах населения. Эти не крупные животные характеризовались чрезвычайной неприхотливостью, скороспелостью, полиэстричностью, плодовитостью, жизнеспособностью, отличными материнскими свойствами, но невысоким качеством грубой шерсти, низкой мясной и шерстной продуктивностью.

Овцы печорской породной группы унаследовали от ромни-маршей однородную полутонкую белую шерсть, крупную массу, телосложение с явно выраженными мясными формами. От северных овец осталась более высокая плодовитость, приспособленность к северным климатическим условиям и длительному стойловому содержанию.

До конца XX – начала XXI в. в северных районах Республики Коми в индивидуальных хозяйствах сельского населения ещё встречались животные внешне похожие на северных овец и печорской породной группы. На сегодняшний день они официально отнесены к исчезнувшим.

Поисковые работы по сохранению печорской овцы в Республике Коми были начаты в 2000 г. Сотрудники Печорской опытной станции провели экспедиционное обследование животных путем подворного обхода индивидуальных хозяйств населения Усть-Цилемского района Республики Коми. Всего было обследовано 200 голов.

Генофондное стадо КФК Каневой Л.А. было создано на основе 40 голов маточного поголовья, закупленных в 2001–2002 гг. у населения, по фенотипическим признакам соответствовавших овцам печорской породной группы и северным аборигенным. С целью предотвращения инбридинга для вводного скрещивания за матками были закреплены шесть племенных баранов породы ромни-марш, приобретённых в племзаводе «Котовский» Рязанской области в 2002 г. Баранов ромни-марш отечественной селекции использовали в стаде, наряду с баранами собственной репродукции, вплоть до 2010 г. В 2010 г. с целью недопущения инбридинга в племзаводе «Дружба» Самарской области были закуплены два барана куйбышевской породы, родственной печорской породной группе.

Северные аборигенные и овцы печорской породной группы, разводившиеся в районах Крайнего Севера России, не были вовлечены в генетико-популяционные исследования. Впервые исследование полиморфизма микросателлитов ДНК у овец печорской популяции и межпородные сравнения были проведены совместно с Центром биотехнологии и молекулярной диагностики животных ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2016 г. [3].

Из многочисленных типов молекулярно-генетических маркёров, к числу наиболее доступных, дешёвых и производительных полиморфных систем относят микросателлиты [4, 5]. Их широко используют в овцеводстве для оценки генетико-популяционных параметров отдельных стад, исследования межпородных филогенетических отношений, изучения межлокусных ассоциаций генов. Особое место отводится полиморфизму микросателлитов при экспертизе аллелофонда исчезающих пород и популяций овец [3, 6].

Цель исследования – анализ внутрипопуляционной структуры печорских полутонкорунных овец по аллелям STR-локусов и идентификация приват-аллелей предковых аллелофондов для их воспроизводства и использования в селекции.

Условия, материалы и методы. Объект исследования овцы крестьянского фермерского хозяйства Л.А. Каневой, расположенного в Усть-Цилемском районе Республики Коми. Территория района с географическими координатами 65°48′13″ северной широты и 51°32′4″ восточной долготы относится к атлантико-арктической климатической зоне [7].

Полиморфизм микросателлитов овец по STR-локусам изучали в 2020 и 2021 гг. Для выделения ДНК использовали ткани ушных раковин, отсеченные во время мечения животных и законсервированные 96 %-ным спиртом-ректификатом. Анализы выполняли в лабораториях ДНК-технологий ВНИИплем и ООО «Гордиз» (gordiz.ru). Всего генотипировано 59 овцематок. Полиморфизм микросателлитов исследовали набором реагентов COrDIS Sheep, рекомендованным Международным обществом генетики животных (International Society of Animal Genetics: ISAG), с использованием которого можно анализировать 12 локусов микросателлитов: McM042, INRA006, McM527, ETH152, CSRD247, OarFCB20, INRA172, INRA063, MAF065, MAF214, INRA005, INRA023 и маркер пола AMEL [8].

Всё генотипированное кроссбредное поголовье (59 гол.) печорских полутонкорунных овец (1) было разделено на две субпопуляции в соответствии с происхождением животных. В первую субпопуляцию (1.1) вошли помеси от скрещивания особей печорской породной группы с породами ромни-марш и куйбышевская (38 гол.), во вторую (1.2) – животных северной аборигенной, печорской породной группы и ромни-марш (21 гол.).

Изучали следующие параметры: среднее число аллелей на локус (Na), число эффективных аллелей (Ne), ожидаемая (He) и наблюдаемая (Ho) гетерозиготность, показатели F-статистики. Степень генетической дифференциации между группами овец оценивали по показателю F_{ST} при парном сравнении и генетическим дистанциям по Нею (D_N). Расчёты выполнили с использованием программы GenAlEx 6.5 [9]. Идентификацию приват-аллелей, встречавшихся только в одной группе, проводили путём сравнения аллелофондов субпопуляций 1.1 и 1.2. Для расчета показателей описательной статистики и построения диаграмм использовали программу Microsoft Excel. Для сравнения величин оценок генетического различия, полученных в наших исследованиях, с литературными данными использовали приведённую В.М. Кузнецовым сводку средних оценок генетической дифференциации популяций с помощью F-статистик различных авторов [10].

Результаты и обсуждение. Всего в популяции печорских овец (1) по 12-ти STR-локусам было выявлено 94 аллеля, из них в субпопуляции 1.1 – 84 и 1.2 – 80. По шести аллелям, которые, встречались с частотами выше 0,1, разница между частотами в субпопуляциях 1.1 и 1.2 в 1,7 раза и более превышали её ошибку. Аллели $OarFCB20^{89}$ и $INRA005^{123}$ встречались в выборке 1.1 с частотами соответственно 0,158 и 0,171, в выборке 1.2 – менее 0,05. Аллель $INRA063^{197}$ в субпопуляции 1.1 отмечали с частотой 0,184, в субпопуляции 1.2 он не выявлен. В субпопуляции 1.2 частота аллеля $INRA023^{212}$ составляла 0,143, что в 11 раз выше, чем в субпопуляции 1.1. Однако существенные различия установлены только по частотам аллелей $OarFCB20^{89}$ и $INRA005^{123}$ (при уровне значимости $p \leq 0,05$) и по $INRA063^{197}$ ($p \leq 0,01$). Наибольшее аллельное разнообразие в обеих субпопуляциях отмечали по локусам INRA005 и INRA023, наименьшее – MAF214 (табл. 1).

В обеих субпопуляциях наблюдали избыток гетерозигот по локусам MAF065 и INRA063. Причем в субпопуляции 1.2 он был более высоким. В субпопуляции 1.1 положительные значения F_{IS} зафиксировали по пяти локусам, в субпопуляции 1.2 – по двум. Кроме того, установлено повышенное генетическое различие между субпопуляциями по частотам аллелей локуса INRA063 ($F_{ST} = 0,032$) при повышенном избытке гетерозигот относительно эксцессов гетерозигот по другим локусам (табл. 2). Небольшой дефицит гетерозигот в субпопуляции 1.1 отмечен по локусам McM042, INRA006, McM527, MAF214, ETH152, субпопуляции 1.2 – по локусам MAF214 и OarFCB20.

Обобщение оценок по 12 локусам микросателлитов показало, что средние индексы фиксации F_{IS} имели отрицательные значения, как по каждой из субпопуляций, так и по объединённой выборке. Разница между индексами фиксации субпопуляции 1.1 и 1.2 была близка к существенной при уровне значимости $p < 0,1$ (табл. 3).

В субпопуляции 1.2 значение F_{IS} в 1,8 раза превышало величину этого показателя в субпопуляции 1.1. При этом различия между ними были не существенны. Такая раз-

Таблица 1. **Характеристика овец по частотам аллелей в 12 полиморфных локусах микросателлитов**

Локус	*Аллель*	*1.1 (n=38)*		*1.2 (n=21)*		*Разница ± ошибка*		*В целом (n=59)*	
		M	*±m*	*M*	*±m*	*Δ*	*±m*	*M*	*±m*
INRA005	127	0,158	0,059	0,119	0,071	0,039	0,092	0,144	0,046
	129	0,000	0,000	0,024	0,033	-0,024	0,033	0,008	0,012
	133	0,013	0,018	0,071	0,056	-0,058	0,059	0,034	0,024
	135	0,118	0,052	0,071	0,056	0,047	0,077	0,102	0,039
	141	0,211	0,066	0,143	0,076	0,068	0,101	0,186	0,051
	143	0,171	0,061	0,024	0,033	0,147**	0,070	0,119	0,042
	145	0,132	0,055	0,238	0,093	-0,107	0,108	0,169	0,049
	147	0,053	0,036	0,095	0,064	-0,043	0,074	0,068	0,033
	151	0,132	0,055	0,190	0,086	-0,059	0,102	0,153	0,047
	153	0,013	0,018	0,024	0,033	-0,011	0,038	0,017	0,017
INRA023	194	0,211	0,066	0,190	0,086	0,020	0,108	0,203	0,052
	198	0,013	0,018	0,024	0,033	-0,011	0,038	0,017	0,017
	200	0,289	0,074	0,190	0,086	0,099	0,113	0,254	0,057
	202	0,053	0,036	0,000	0,000	0,053	0,036	0,034	0,024
	204	0,118	0,052	0,190	0,086	-0,072	0,100	0,144	0,046
	206	0,171	0,061	0,167	0,081	0,004	0,102	0,169	0,049
	208	0,026	0,026	0,024	0,033	0,003	0,042	0,025	0,020
	210	0,013	0,018	0,024	0,033	-0,011	0,038	0,017	0,017
	212	0,013	0,018	0,143	0,076	-0,13*	0,079	0,059	0,031
	216	0,026	0,026	0,048	0,046	-0,021	0,053	0,034	0,024
	220	0,066	0,040	0,000	0,000	0,066	0,040	0,042	0,026
MAF065	125	0,118	0,052	0,095	0,064	0,023	0,083	0,110	0,041
	127	0,382	0,079	0,429	0,108	-0,047	0,134	0,398	0,064
	129	0,197	0,065	0,071	0,056	0,126	0,086	0,153	0,047
	135	0,250	0,070	0,381	0,106	-0,131	0,127	0,297	0,059
	137	0,053	0,036	0,024	0,033	0,029	0,049	0,042	0,026
INRA063	169	0,224	0,068	0,405	0,107	-0,181	0,127	0,288	0,059
	175	0,237	0,069	0,333	0,103	-0,096	0,124	0,271	0,058
	177	0,171	0,061	0,095	0,064	0,076	0,089	0,144	0,046
	183	0,184	0,063	0,071	0,056	0,113	0,084	0,144	0,046
	189	0,000	0,000	0,048	0,046	-0,048	0,046	0,017	0,017
	197	0,184	0,063	0,000	0,000	0,18***	0,063	0,119	0,042
	201	0,000	0,000	0,024	0,033	-0,024	0,033	0,008	0,012
	209	0,000	0,000	0,024	0,033	-0,024	0,033	0,008	0,012
MAF214	183	0,092	0,047	0,048	0,046	0,044	0,066	0,076	0,035
	187	0,039	0,032	0,000	0,000	0,039	0,032	0,025	0,020
	189	0,434	0,080	0,524	0,109	-0,090	0,135	0,466	0,065
	191	0,316	0,075	0,238	0,093	0,078	0,120	0,288	0,059
	223	0,118	0,052	0,190	0,086	-0,072	0,100	0,144	0,046
INRA006	108	0,092	0,047	0,024	0,033	0,068	0,058	0,068	0,033
	110	0,539	0,081	0,476	0,109	0,063	0,136	0,517	0,065
	112	0,026	0,026	0,048	0,046	-0,021	0,053	0,034	0,024
	116	0,105	0,050	0,024	0,033	0,081	0,060	0,076	0,035
	124	0,066	0,040	0,167	0,081	-0,101	0,091	0,102	0,039
	132	0,118	0,052	0,190	0,086	-0,072	0,100	0,144	0,046
	134	0,053	0,036	0,071	0,056	-0,019	0,067	0,059	0,031
ETH152	186	0,408	0,080	0,429	0,108	-0,021	0,134	0,415	0,064
	188	0,118	0,052	0,214	0,090	-0,096	0,104	0,153	0,047
	190	0,118	0,052	0,119	0,071	-0,001	0,088	0,119	0,042
	192	0,342	0,077	0,238	0,093	0,104	0,121	0,305	0,060
	196	0,013	0,018	0,000	0,000	0,013	0,018	0,008	0,012
CSRD247	213	0,211	0,066	0,310	0,101	-0,099	0,121	0,246	0,056
	223	0,039	0,032	0,024	0,033	0,016	0,046	0,034	0,024
	227	0,461	0,081	0,333	0,103	0,127	0,131	0,415	0,064
	228	0,013	0,018	0,000	0,000	0,013	0,018	0,008	0,012
	229	0,118	0,052	0,071	0,056	0,047	0,077	0,102	0,039
	231	0,079	0,044	0,119	0,071	-0,040	0,083	0,093	0,038
	233	0,053	0,036	0,000	0,000	0,053	0,036	0,034	0,024
	237	0,026	0,026	0,095	0,064	-0,069	0,069	0,051	0,029
	239	0,000	0,000	0,048	0,046	-0,048	0,046	0,017	0,017
OarFCB20	87	0,026	0,026	0,000	0,000	0,026	0,026	0,017	0,017
	89	0,158	0,059	0,024	0,033	0,134**	0,068	0,110	0,041
	91	0,316	0,075	0,381	0,106	-0,065	0,130	0,339	0,062
	92	0,000	0,000	0,024	0,033	-0,024	0,033	0,008	0,012
	93	0,145	0,057	0,071	0,056	0,073	0,080	0,119	0,042
	95	0,039	0,032	0,071	0,056	-0,032	0,064	0,051	0,029
	99	0,026	0,026	0,024	0,033	0,003	0,042	0,025	0,020
	101	0,132	0,055	0,095	0,064	0,036	0,084	0,119	0,042
	102	0,000	0,000	0,024	0,033	-0,024	0,033	0,008	0,012
	105	0,158	0,059	0,286	0,099	-0,128	0,115	0,203	0,052

Окончание табл. 1.

Локус	Аллель	1.1 (n=38)		1.2 (n=21)		Разница ± ошибка		В целом (n=59)	
		M	±m	M	±m	Δ	±m	M	±m
McM042	81	0,421	0,080	0,548	0,109	-0,127	0,135	0,466	0,065
	87	0,237	0,069	0,071	0,056	0,165*	0,089	0,178	0,050
	89	0,092	0,047	0,048	0,046	0,044	0,066	0,076	0,035
	93	0,013	0,018	0,000	0,000	0,013	0,018	0,008	0,012
	95	0,053	0,036	0,024	0,033	0,029	0,049	0,042	0,026
	97	0,013	0,018	0,000	0,000	0,013	0,018	0,008	0,012
	99	0,053	0,036	0,119	0,071	-0,066	0,079	0,076	0,035
	103	0,118	0,052	0,190	0,086	-0,072	0,100	0,144	0,046
INRA172	126	0,105	0,050	0,262	0,096	-0,157	0,108	0,161	0,048
	154	0,461	0,081	0,476	0,109	-0,016	0,136	0,466	0,065
	156	0,013	0,018	0,000	0,000	0,013	0,018	0,008	0,012
	158	0,105	0,050	0,071	0,056	0,034	0,075	0,093	0,038
	160	0,118	0,052	0,048	0,046	0,071	0,070	0,093	0,038
	162	0,053	0,036	0,119	0,071	-0,066	0,079	0,076	0,035
	164	0,132	0,055	0,024	0,033	0,108	0,064	0,093	0,038
	170	0,013	0,018	0,000	0,000	0,013	0,018	0,008	0,012
McM527	158	0,000	0,000	0,048	0,046	-0,048	0,046	0,017	0,017
	164	0,316	0,075	0,381	0,106	-0,065	0,130	0,339	0,062
	166	0,145	0,057	0,262	0,096	-0,117	0,112	0,186	0,051
	168	0,303	0,075	0,119	0,071	0,184*	0,103	0,237	0,055
	170	0,145	0,057	0,119	0,071	0,026	0,091	0,136	0,045
	176	0,092	0,047	0,071	0,056	0,021	0,073	0,085	0,036

** – p≤0,1; ** – p≤0,05; *** – p≤0,01.*

ница объясняется сравнительно высоким дефицитом гетерозигот по локусу McM527 и более низким избытком гетерозигот по локусам MAF065 и INRA063.

Субпопуляции существенно не различались по общему и эффективному числу аллелей на локус, уровню ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности. Генетическая дифференциация между субпопуляциями, оценённая с помощью F_{ST}, была статистически значима (0,015±0,002), генетическая дистанция по Нею D_N – 0,089.

По изучаемым STR-локусам в субпопуляции 1.1 выявили 12 приват-аллелей, из них аллели IRNA63^{197}, IRNA023^{220}, IRNA023^{202} и CSRD247^{223} встречались с частотами выше 0,05. В субпопуляции 1.2 выявили восемь приват-аллелей, из них частоты только трёх достигали величины 0,05 (см. рисунок).

Внутри- и межпопуляционная изменчивости – важнейшие показатели, от которых зависит экологическая пластичность популяций, их селекционная ценность и эффективность отбора. Поэтому в различных генетических дисциплинах и селекции огромное внимание уделяется оценке генетической изменчивости. Для измерения генетических параметров популяций, межпопуляционных (межпородных) генетических различий разработан ряд методов. Один из наиболее распространённых – количественная оценка внутрипопуляционной и межпопуляционной генетической изменчивости с использованием F-статистик Райта [10, 11].

В нашем исследовании величина генетического расстояния между субпопуляциями 1.1 и 1.2 по значению F_{ST} была незначительной – 0,015±0,002. Можно считать, что субпопуляции 1.1 и 1.2 принадлежат к одной генеральной совокупности, а об-

Таблица 2. **Показатели генетического разнообразия по STR-локусам**

Показатель	Локус											
	INRA005	INRA023	MAF065	INRA063	MAF214	INRA006	ETH152	CSRD247	OarFCB20	McM042	INRA172	McM527
1.1 (n = 38)												
Na	9	11	5	5	5	7	5	8	8	8	8	5
Ne	6,6	5,5	3,8	4,9	3,2	3,0	3,2	3,5	5,2	3,8	3,7	4,1
Ho	0,92	0,84	0,87	0,92	0,68	0,61	0,68	0,79	0,84	0,71	0,82	0,61
He	0,85	0,82	0,74	0,80	0,69	0,67	0,69	0,72	0,81	0,74	0,73	0,76
F_{IS}	-0,08	-0,03	-0,18	-0,16	0,01	0,09	0,01	-0,10	-0,04	0,04	-0,12	0,20
1.2 (n = 21)												
Na	10	9	5	7	4	7	4	7	9	6	6	6
Ne	6,7	6,2	2,9	3,4	2,7	3,3	3,3	4,2	4,0	2,8	3,2	4,0
Ho	0,86	0,86	0,81	0,91	0,57	0,71	0,71	0,86	0,71	0,67	0,71	0,76
He	0,85	0,84	0,66	0,71	0,63	0,70	0,70	0,76	0,75	0,64	0,68	0,75
F_{IS}	-0,01	-0,02	-0,23	-0,28	0,09	-0,02	-0,02	-0,13	0,05	-0,04	-0,05	-0,02

Таблица 3. **Средние показатели аллельного разнообразия печорских полутонкорунных овец по 12 STR локусам (среднее ± ошибка)**

Группа	N	Na	Ne	Ho,%	He,%	F_{IS}
1.1	38	7,0±0,6	4,2±0,3	77,4±3,3	75,0±1,7	-0,030±0,031
1.2	21	6,7±0,6	3,9±0,4	76,2±2,8	72,3±2,1	-0,055±0,031
В целом (1)	59	7,7±0,6	4,3±0,4	77,0±2,8	75,1±1,7	-0,024±0,027
1.1-1.2 (Δ)	17	0,3	0,3	1,2	2,7	0,025*

**p < 0,1*

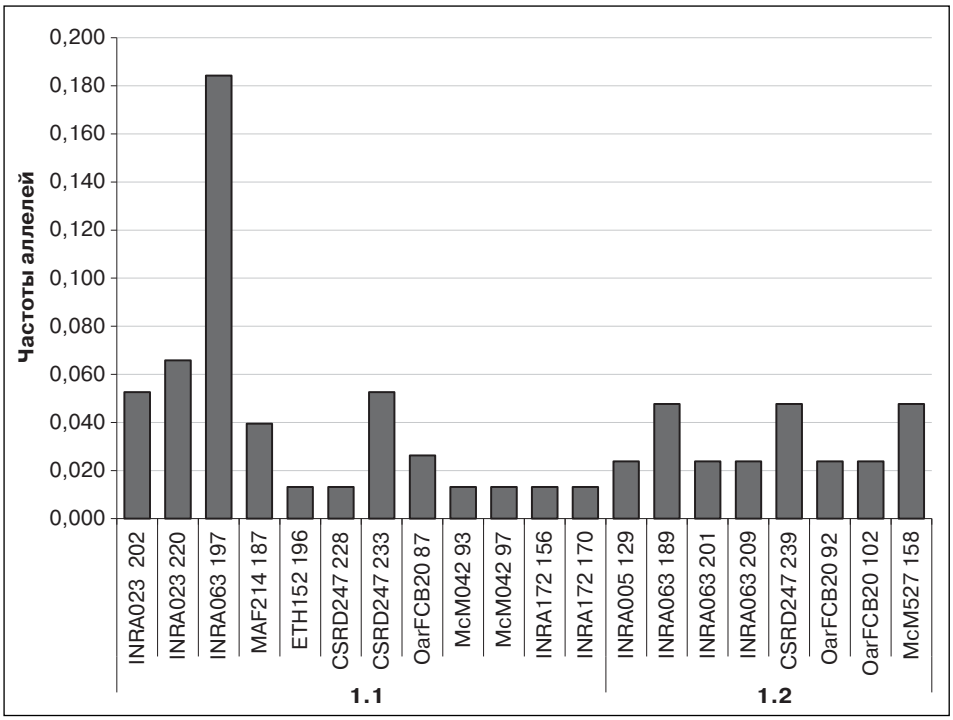


Рисунок. Частота выявленных в субпопуляциях приват-аллелей.

наруженная генетическая дивергенция кроме случайных причин, скорее всего, обусловлена различиями аллелофондов овец северной и куйбышевской пород.

Ранее установленное [3] генетическое различие по величине F_{ST} между овцами печорской популяции и родственной куйбышевской породой составляло 0,026, а наибольшим оно было при сравнении печорских овец с не родственной, но сходной по направлению продуктивности горноалтайской шерстно-мясной тонкорунной породой (0,046). Величина F_{ST} при попарном сравнении печорских овец с тувинской грубошерстной курдючной и романовской породами была ниже (0,042 и 0,040 соответственно). В целом, при сравнении филогенетически столь разных пород овец вариация значений F_{ST} была незначительной. Судя по величине F_{ST}, печорские овцы и животные куйбышевской породы генетически были равноудалены от цигайской породы.

Из приведённых В.М. Кузнецовым данных по овцам, максимальная средняя оценка F_{ST}, полученная Worley et al. была равна 0,16 [10, 12]. В других исследованиях установлены более низкие оценки F_{ST} [3, 6]. Таким образом, различия между субпопуляциями 1.1 и 1.2 следует отнести к низким.

В родственных субпопуляциях 1.1 и 1.2 выявлено значительное количество специфических аллелей. Учитывая небольшие размеры выборок, сохранение приват-аллелей можно было бы объяснить стохастическими причинами. При этом нельзя исключить, что выявленные специфические аллели в субпопуляции 1.2 маркируют предковый аллелофонд исчезнувшей северной аборигенной овцы.

Многие полиморфные маркёры локализованы в областях расположения полиморфных структурных генов, которые влияют на развитие систем жизнеобеспечения и продуктивности животных [13, 14, 15], вследствие чего может возникать неравновесное сцепление генов (гаметическое неравновесие). Возникновение и величина неравновесия по сцеплению генов зависит от уровня нарушения панмиксии, генетических примесей, отбора, дрейфа генов, размера популяции и других факторов [16].

Поэтому в исследованной кроссбредной популяции печорских полутонкорунных овец не большой численности высока вероятность возникновения неравновесия по сцеплению маркерных и полиморфных структурных генов, ответственных за проявление селективных признаков [17, 18, 19]. Следовательно, с помощью сегрегационного анализа и маркерной селекции в перспективе возможно решение ряда теоретических и практических задач. Одна из них заключается в идентификации сохранившихся в поколениях селективно выгодных адаптивных комбинаций генов аборигенных генофондов с целью их использования в селекционном процессе [18, 20].

Выводы. По генетико-популяционным параметрам генотипированное по микросателлитам поголовье соответствовало показателям, установленным при исследовании романовской, куйбышевской и некоторых других отечественных пород. По частоте генов и аллельной структуре локусов микросателлитов полутонкорунные печорские овцы, генеалогически связанные с северной аборигенной овцой, обладали более узким аллельным разнообразием микросателлитов, чем современное кроссбредное поголовье, полученное от скрещивания овец печорской породной группы с животными пород ромни-марш и куйбышевская. Для первых были характерны 8 специфических аллелей и высокая частота аллеля INRA023^{212}, для вторых – 12 приват-аллелей. Учитывая генеалогические различия субпопуляций, приват-аллели, выявленные у полутонкорунных печорских овец, генеалогически связанных с северной аборигенной овцой, могут характеризовать реликтовый аллелофонд северной аборигенной овцы. Приват-аллели, выявленные у кроссбредных овец, полученных от скрещивания животных печорской породной группы с особями пород ромни-марш и куйбышевская, относятся к аллелофонду куйбышевской породы.

Использование выявленных приват-аллелей может быть перспективно для идентификации генетических связей овец печорской популяции с исчезнувшей северной аборигенной овцой и поддержания аборигенного аллелофонда в современной популяции овец с целью сохранения повышенной экологической устойчивости и рационального освоения кормовых ресурсов Крайнего Севера.

Литература.

1. Жариков Я. А., Канева Л. А. Эффективность скрещивания овцематок печорской породной группы с баранами остфризской породы в условиях Крайнего Севера // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 4. С. 443–452.

2. Лазовский А. А. К вопросу о происхождении романовских овец // Генетика. 1982. Т. 18. № 11. С. 2035–2042.

3. Генетическая характеристика печорских овец с помощью микросателлитных маркеров / Т. Е. Денискова, Л. А. Канева, Е. А. Гладырь и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 75–78.

4. Genetic diversity within and between European pig breeds using microsatellite markers / M. SanCristobal, C. Chevalet, C. S. Haley, et al. // Animal Genetics. 2006. Vol. 37. No. 3. P. 189–198.

5. Сохранение биоразнообразия. Генетические маркеры и селекция животных / Н. С. Марзанов, Ю. В. Саморуков, Г. В. Ескин и др. // Сельскохозяйственная биология. 2006. Т. 41. № 4. С. 3–19.

6. Изменчивость микросателлитов в породах овец, разводимых в России / Т. Е. Денискова, М. И. Селионова, Е. А. Гладырь и др. // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 801–810.

7. Братцев А. Климат // Республика Коми: энциклопедия. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1997. Т. 1. С. 25–26.

8. COrDIS Sheep. Набор реагентов для мультиплексного анализа 12-ти микросателлитных маркеров и локуса амелогенина овец COrDIS Sheep. Инструкция пользователя. URL: https://gordiz.ru/wp-content/uploads/2021/05/instrukcziya-cordis-sheep-140521.pdf (дата обращения: 20.01.2022).

9. Peakall R., Smouse P. E. GenAlEx 6. 5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-anupdate // Bioinformatics. 2012. Vol. 28. P. 2537–2539.

10. Кузнецов В. М. F-Статистики Райта: Оценка и интерпретация // Проблемы биологии продуктивных животных. 2014. № 4. С. 80–104.

11. Wright S. The genetical structure of populations // Ann. Eugenics. 1951. Vol. 15. P. 323–354.

12. Population genetic structure of North American thinhorn sheep (Ovis dalli) / K. Worley, C. Strobeck, S. Arthur, et al. // Molecular Ecology. 2004. Vol. 13. No. 9. P. 2545–2556.

13. Comparing polymorphism of 86 candidate genes putatively involved in domestication of sheep, between wild and domestic Iranian sheep / W. Zamani, S. M. Ghasempouri, H. R. Rezaei, et al. // Meta Gene. 2018. Vol. 17. No. 2. P. 223–231.

14. Decline of genetic diversity in ancient domestic stallions in Europe / S. Wutke, E. Sandoval-Castellanos, N. Benecke, et al. // Sci. Adv. 2018. Vol. 4. No. 4. URL: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aap9691 (дата обращения: 18.12.2021).

15. Use of repetitive sequences for molecular and cytogenetic characterization of Avena species from Portugal / D. Tomas, J. Rodrigues, A. Varela, et al. // International journal of molecular sciences. 2016. Vol. 17. No. 2. Article 203. URL: https://www.mdpi.com/1422-0067/17/2/203 (дата обращения: 15.12.2021).

16. Левонтин Р. Генетические основы эволюции. М.: Мир, 1975. 351 с.

17. Novel multilocus measure of linkage disequilibrium to estimate past effective population size / B. J. Hayes, P. M. Visscher, H. C. McPartlan, et al. // Genome Res. 2003. Vol. 13. No. 4. P. 635–643.

18. Матюков В. С., Зайнуллин В. Г. Неравновесное сцепление (гаметическое неравновесие) структурных генов в популяции крупного рогатого скота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 3. С. 401–408.

19. Mueller J. C. Linkage disequilibrium for different scales and applications // Briefings in bioinformatics. 2004. Vol. 5. No. 4. P. 355–364.

20. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries / J. Kantanen, P. Lovendahl, E. Strandberg, et al. // Frontiers in genetics. 2015. Vol. 6. No. 2. P. 52. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2015.00052/full (дата обращения: 20.12.2021).

References

1. Zharikov YaA, Kaneva LA. [Efficiency of crossing ewes of the Pechora breed group with rams of the East Frisian breed under the conditions of the Far North]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020;21(4):443-52. Russian.

2. Lazovskii AA. [To the question of the origin of the Romanov sheep]. Genetika. 1982;18(11):2035-42. Russian.

3. Deniskova TE, Kaneva LA, Gladyr' EA, et al. [Genetic characterization of Pechora sheep using microsatellite markers]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016;30(8):75-8. Russian.

4. SanCristobal M, Chevalet C, Haley CS, et al. Genetic diversity within and between European pig breeds using microsatellite markers. Animal Genetics. 2006;37(3):189-98.

5. Marzanov NS, Samorukov YuV, Eskin GV, et al. [Conservation of biodiversity. Genetic markers and animal breeding]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2006;41(4):3-19. Russian.

6. Deniskova TE, Selionova MI, Gladyr' EA, et al. [Variability of microsatellites in sheep breeds bred in Russia]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2016;51(6):801-10. Russian.

7. Brattsev A. [Climate]. In: Respublika Komi: entsiklopediya [Komi Republic: Encyclopedia]. Syktyvkar (Russia): Komi knizhnoe izdatel'stvo; 1997. vol. 1, p. 25-6. Russian.

8. COrDIS Sheep. Nabor reagentov dlya mul'tipleksnogo analiza 12-ti mikrosatellitnykh markerov i lokusa amelogenina ovets COrDIS Sheep. Instruktsiya pol'zovatelya [COrDIS Sheep. Reagent kit for multiplex analysis of 12 microsatellite markers and COrDIS Sheep amelogenin locus. User's Manual] [Internet]. [cited 2022 Jan 20]. Available from: https://gordiz.ru/wp-content/uploads/2021/05/instrukcziya-cordis-sheep-140521.pdf. Russian.

9. Peakall R, Smouse PE. GenAlEx 6. 5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-anupdate. Bioinformatics. 2012;28:2537-9.

10. Kuznetsov VM. [Wright's F-Statistics: Evaluation and Interpretation]. Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2014;(4):80-104. Russian.

11. Wright S. The genetical structure of populations. Ann. Eugenics. 1951;15:323-54.

12. Worley K, Strobeck C, Arthur S, et al. Population genetic structure of North American thinhorn sheep (Ovis dalli). Molecular Ecology. 2004;13(9):2545-56.

13. Zamani W, Ghasempouri SM, Rezaei HR, et al. Comparing polymorphism of 86 candidate genes putatively involved in domestication of sheep, between wild and domestic Iranian sheep. Meta Gene. 2018;17(2):223-31.

14. Wutke S, Sandoval-Castellanos E, Benecke N, et al. Decline of genetic diversity in ancient domestic stallions in Europe. Sci. Adv [Internet]. 2018 [cited 2021 Dec 18]:4(4). Available from: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aap9691.

15. Tomas D, Rodrigues J, Varela A, et al. Use of repetitive sequences for molecular and cytogenetic characterization of Avena species from Portugal. International journal of molecular sciences [Internet]. 2016 [cited 2021 Dec 15];17(2): Article 203. Available from: https://www.mdpi.com/1422-0067/17/2/203 (data obrashcheniya: 15.12.2021).

16. Levontin R. Geneticheskie osnovy evolyutsii [Genetic foundations of evolution]. Moscow: Mir; 1975. 351 p. Russian.

17. Hayes BJ, Visscher PM, McPartlan HC, et al. Novel multilocus measure of linkage disequilibrium to estimate past effective population size. Genome Res. 2003;13(4):635-43.

18. Matyukov VS, Zainullin VG. [Linkage disequilibrium (gametic disequilibrium) of structural genes in a cattle population]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021;22(3):401-8. Russian.

19. Mueller JC. Linkage disequilibrium for different scales and applications. Briefings in bioinformatics. 2004;5(4):355-64.

20. Kantanen J, Lovendahl P, Strandberg E, et al. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries. Frontiers in genetics [Internet]. 2015 [cited 2021 Dec 20];6(2):52. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2015.00052/full.

doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_97
УДК 631.58 : 004.6

Использование цифровых технологий в растениеводстве для хранения и анализа данных истории полей

Н. В. СТЕПНЫХ, Е. В. НЕСТЕРОВА, А. М. ЗАРГАРЯН, С. А. КОПЫЛОВА
Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142, Российская Федерация

Резюме. Несмотря на существующее разнообразие технического и программного обеспечения агротехнологий, их информационное наполнение остаётся на низком уровне, так как требует глубокой аналитики первичных данных, научного подхода и адаптации к природным и экономическим условиям конкретного хозяйства. Цель исследований – обоснование возможности повышения эффективности агротехнологий путем обработки производственных данных с использованием компьютерных программ для хранения и анализа агрономических показателей (электронная книга истории полей), а также расчета экономической эффективности (на основе технологических карт). Использовали монографический, статистический методы анализа данных, общепринятые методики расчета экономической эффективности технологий в растениеводстве. Расчет экономических показателей производства зерна яровой пшеницы (затраты, прибыль, рентабельность) осуществляли на примере опытных полей Курганского НИИСХ. Рентабельность в разрезе полей варьирует в широких пределах (например, в 2018 г. от -21 до 132 %) и не всегда коррелирует с урожайностью, (в этом же году от 1,15 до 3,34 т/га). Учет экономических параметров по каждому полю позволил выявить причины снижения эффективности агротехнологий, среди которых различия по предшественникам, сортам, срокам посева. Зная факторы, определяющие экономическую эффективность, можно адаптировать технологии под местные условия, выявлять внутренние резервы экономии ресурсов, например, благодаря использованию устойчивых к болезням сортов (рентабельность производства зерна сортов, восприимчивых к бурой ржавчине, с применением фунгицидов в 2017 г. в среднем по всем полям составила 92 %, а толерантного сорта Радуга без фунгицидной обработки – 118 %), лучших предшественников (в 2015–2021 гг. урожайность по паровому предшественнику была выше, чем по зерновому, на 2…57 %), оптимальных сроков посева (различия по урожайности могут достигать 0,5 т/га) и др. Систематизация и анализ производственных данных в конкретных почвенно-климатических условиях позволяют получать новые знания по земледелию, а использование компьютерных программ существенно упрощает эту работу.
Ключевые слова: ресурсосбережение, агротехнологии, производственный опыт, экономическая эффективность, цифровизация в растениеводстве, электронная книга истории полей, технологическая карта, рентабельность.
Сведения об авторах: Н. В. Степных, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: kniish@ketovo.zaural.ru); Е. В. Нестерова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; А. М. Заргарян, научный сотрудник; С. А. Копылова, научный сотрудник.
Для цитирования: Использование цифровых технологий в растениеводстве для хранения и анализа данных истории полей / Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 97–102. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_97.

Using digital technologies in crop production to store and analyse field history data

N. V. Stepnykh, E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan, S. A. Kopylova
Ural Federal Agrarian Scientific Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, ul. Belinskogo 112 A, Ekaterinburg, Sverdlovskaya obl., 620142, Russian Federation

Abstract. Despite the existing variety of hardware and software for agricultural technologies, their information content remains at a low level, as it requires deep analysis of primary data, a scientific approach, and adaptation to the natural and economic conditions of a particular farm. The research aimed to substantiate the possibility of efficiency increasing of agricultural technologies by processing production data using computer programmes for storing and analysing agronomic indicators (an electronic book of field history), as well as calculating economic efficiency (based on flow process charts). We used monographic, statistical methods of data analysis, generally accepted methods for calculating the economic efficiency of technologies in crop production. The calculation of economic indicators of the spring wheat grain production (costs, profit, profitability) was carried out on the example of the experimental fields of the Kurgan Agricultural Research Institute. Profitability by fields varied widely (for example, in 2018 from -21 to 132%) and did not always correlate with yield (in the same year from 1.15 to 3.34 t/ha). Accounting for economic parameters for each field made it possible to identify the reasons for the decrease in the efficiency of agricultural technologies, including differences in forecrops, varieties, and sowing time. Knowing the factors that determine economic efficiency makes it possible to adapt technologies to local conditions and identify internal reserves to save resources, for example, through the use of disease-resistant varieties (profitability of grain production of varieties susceptible to brown rust using fungicides in 2017 on average for all fields was 92%, and the tolerant variety Raduga without fungicidal treatment was 118%), the best forecrops (in 2015–2021 the yield for the fallow forecrop was higher than for the grain one by 2–57%), optimal sowing time (yield differences can reach 0.5 t/ha), etc. Systematization and analysis of production data in specific soil and climatic conditions allow new knowledge to be obtained on agriculture, and the use of computer programmes greatly simplifies this work.
Keywords: resource-saving; agricultural technologies; production experience; economic efficiency; digitalization in crop production; field history electronic book; flow process chart; profitability.
Author Details: N. V. Stepnykh, Cand. Sc. (Econ.), leading research fellow (e-mail: kniish@ketovo.zaural.ru); E. V. Nesterova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; A. M. Zargaryan, research fellow; S. A. Kopylova, research fellow.
For citation: Stepnykh NV, Nesterova EV, Zargaryan AM, et al. [Using digital technologies in crop production to store and analyse field history data]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022;36(3):97-102. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_3_97.

Для обеспечения рентабельного производства сельскохозяйственных культур при постоянном повышении затрат необходимо не только освоение высокоинтенсивных технологий, но и выявление дополнительных источников ресурсосбережения. Признание получают те инновации, которые приводят к экономии средств и предоставляют возможности для значительного снижения издержек производителя, про-

изводящего товары «по запросу», а не для массового потребителя [1]. На современном этапе неотъемлемая часть таких инноваций – компьютерные программы для работы с информацией, которые дают возможность анализировать эффективность агротехнологий.

Цифровизация и всеобщая информатизация – главные тренды мирового производства, которые определяют трансформацию экономического пространства, и в этом направлении потенциал сельского хозяйства огромный [2, 3, 4]. Лидирующие мировые позиции по освоению цифровых методов управления в сельхозпроизводство занимают США, где большинство компаний становятся цифровизированными в той или иной степени [5]. По количеству патентов в области автоматизации, точного земледелия, роботизации лидируют разработчики Японии, Китая, Германии [6]. Россия по цифровизации в мире пока занимает 15-е место, но по её темпам – 8-е [7]. В первую очередь осваиваются системы параллельного вождения, мониторинг транспорта, учет топлива, наиболее масштабно ведется работа по созданию электронных карт полей, всё более популярны технологии дифференцированного внесения удобрений и препаратов для защиты растений [7, 8]. Однако на пути их внедрения встречается много проблем, связанных с недостаточной технической оснащенностью для обеспечения цифрового покрытия, низкой или отсутствующей профессиональной подготовкой аграриев и крайне недостаточной формализацией агрономической информации [9, 10]. Сложности на пути освоения цифровых технологий в сельском хозяйстве остаются и в зарубежных странах, однако в их решении активное участие принимает государство [5, 11]. Большое количество данных, которые поступают от датчиков сельхозтехники, из бухгалтерских отчетов и различных других информационных источников, делают чрезвычайно сложной задачу их систематизированного сбора в специализированные базы данных и анализа [12, 13]. Обработка данных в базах, размещенных в облачных системах, также усложняется их большим количеством и разрозненностью качественных характеристик [14]. В наиболее мощных аналитических системах используют различные методы работы с большими данными (*big data)*, что особенно актуально для сельского хозяйства, которому присущи неопределенности [**15, 16**].

Один из важных и неотъемлемых элементов цифровизации в АПК – первичные данные по сельхозоперациям, привязанные к микроучастку или полю, например, о расходе ресурсов или себестоимости. Такая информация есть в каждом хозяйстве, но зачастую она не систематизирована по полям, а фиксируется в среднем по хозяйству, что не позволяет проводить её дифференцированный качественный анализ.

Адаптация технологий к конкретным условиям не только хозяйства, но и каждого поля, как важнейший резерв эффективного использования ресурсов, реализовывалась в нашей стране в 60–80-е гг. XX в. с использованием законодательно утвержденных книг истории полей севооборотов. В современном ресурсосберегающем земледелии эта тема вновь актуальна, она звучит в научной литературе и находит своё практическое воплощение уже в цифровом формате. По мнению выдающихся ученых современного земледелия В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова и др., оформление книги истории полей с наличием природно-ресурсного, фенологического и технологического блоков служит начальным этапом освоения проектов адаптивно-ландшафтного земледелия и агротехнологий [17]. Инновационная деятельность в компаниях и организационная работа государства в этом направлении могут способствовать активному развитию цифровизации земледелия.

Цель исследования – обоснование возможности повышения эффективности агротехнологий путем обработки производственных данных с использованием компьютерных программ.

Для ее достижения решали следующие задачи: на основе первичных данных из книги истории полей рассчитать экономические показатели производства зерна яровой пшеницы в разрезе каждого поля; выявить факторы, определяющие эффективность производства зерна.

Условия, материалы и методы. Исследования выполняли в Курганском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН – в лаборатории экономики и инновационного развития в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия».

Электронная книга истории полей представляет собой информационную базу данных, привязанных к электронной карте каждого поля. Их можно использовать для расчета технологических карт как при планировании, так и при анализе уже отработанных в прошлые годы технологий. В Курганском НИИСХ разработаны, запатентованы и используются, в том числе для своих производственных целей, компьютерные программы, позволяющие как формировать информационную базу по полям, так и рассчитывать технологические карты. Предметом исследований нашей работы стали производственные данные полей Курганского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, расположенных в центральной зоне Курганской области на выщелоченных и обыкновенных черноземах.

Использовали монографический, математический, статистический методы анализа данных. Расчеты экономических показателей проводили в компьютерной программе *(Жукова О. А., Заргарян А. М., Степных Н. В. Проектирование технологий выращивания сельхозкультур. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017662369, 03.11.2017)* на основе данных, хранящихся в электронной книге истории производственных полей (информационной базе) Курганского НИИСХ, автоматизация ее работы осуществляется с использованием соответствующей программы для ЭВМ (*Заргарян А. М. Управление электронной базой данных состояния и функционирования агроландшафтов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018662258, 03.10.2018).* Цену реализации 1 т зерна пшеницы 3 класса при расчетах принимали равной средней рыночной стоимости 11250 руб., 4 класса – 10000 руб.

Работу по заполнению электронной книги истории полей подробной агрономической информацией в Курганском НИИСХ вели с 2017 г. Поля оцифрованы и к электронной карте каждого из них «привязана» информационная база, в которую ежегодно заносят данные по всем параметрам агротехнологий: от даты проведения технологических операций до наименований и размеров используемой техники, удобрений, средств защиты

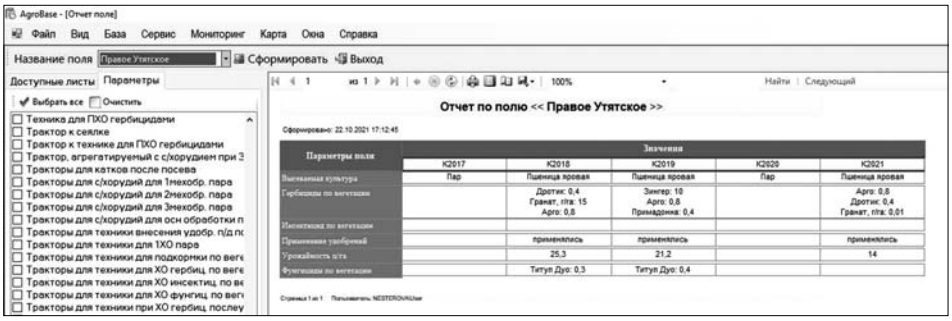


Рис. 1. Пример отчета по выбранным данным из книги истории полей.

растений, урожайности и др. В базу также занесена основная имеющаяся (но сильно ограниченная) информация по полям с 2004 г. Программа для управления информационной базой (книги истории полей) позволяет формировать отчеты, выводить тематические карты в разрезе полей, выгружать информацию в Exel, Word, Acrobat Reader и др. Можно анализировать как параметры технологий возделывания сельскохозяйственных культур, так и эффективность технологий обработки паровых полей [18]. Накопление многолетних данных открывает возможности для наглядного представления сложившихся севооборотов, пестицидооборотов, удобренности, продуктивности полей и др. (рис. 1).

Рис. 2. Фрагмент рабочего окна расчета технологической карты.

Программа по расчету технологических карт на основании данных истории полей по всем проведенным технологическим операциям и полученной урожайности позволяет анализировать экономические показатели по каждому полю и в среднем по хозяйству. Главное её преимущество заключается в возможности изменения цен, удаления или добавления количества технологических операций, видов ресурсов и др. То есть при проектировании технологии выращивания можно одновременно проводить перерасчет экономических результатов (затраты, себестоимость, рентабельность) для всех сформированных технологических карт (рис. 2). Особенно это важно при разработке агротехнологий или оценке эффективности большого количества отдельных агроприемов.

Результаты и обсуждение. По погодным условиям наиболее благоприятным за период исследований был 2017 г., ГТК в июне и июле, когда фактически определяется урожай в условиях Курганской области, составляющей большую часть Зауралья, был равен 0,93 против 0,71 в 2018 г. и 0,68 в 2019 гг. В результате в 2017 г. отмечали самую высокую за эти три года урожайность пшеницы. Однако важнейшим фактором, определяющим рентабельность производства, оказалась цена на продукцию. В 2018–2019 гг. она была выше, чем в 2017 г. (11,5 руб./кг против 8,6 руб./кг зерна 3 класса соответственно), что существенно повлияло на итоговую рентабельность производства, которая в 2017 г. была меньше, несмотря на более высокий сбор продукции с единицы площади.

Более объективный анализ эффективности использования ресурсов возможен при одинаковой цене реализации зерна, которую можно установить в программе по расчету технологических карт. При таком подходе наибольшая рентабельность отмечена в более урожайном 2017 г., при этом главным фактором, который определяет экономическую эффективность, становится уровень урожайности. Однако при небольших различиях по величине этого показателя в 2018 и 2019 гг. (2,19 и 2,06 т/га) рентабельность производства зерна оказалась выше в 2019 г., когда урожайность была меньше (67 % против 52 % в 2018 г.). В этом случае проявилось влияние второго важнейшего фактора экономической эффективности – суммы затрат на 1 га: в 2019 г. она была наименьшей (см. табл.). При проведении этих расчетов 2020 и 2021 гг. не рассматривали, так как они характеризовались аномально острой засушливостью вегетационного периода (ГТК за май–август – 0,5) и несопоставимо низкой урожайностью яровой пшеницы, которая в среднем по всем полям составила 1,27 и 0,94 т/га соответственно.

Общая рентабельность производства складывается из её величин на каждом поле, поэтому важно анализировать влияние особенностей технологий возделывания яровой пшеницы в разрезе полей. На примере 2018 г. видна значительная разница между полями как по урожайности, так и по рентабельности (рис. 3). В то же время урожайность не всегда тесно связана с рентабельностью, коэффициент корреляции между величинами этих показателей равен 0,7, коэффициент детерминации – 0,55, то есть величина рентабельности на 45 % зависит от других факторов.

Таблица. **Экономическая эффективность производства зерна пшеницы на основании расчета технологических карт по фактическим затратам (Курганский НИИСХ, 2017–2019 гг.)**

Год	*ГТК (06…07*)*	*Площадь посева, га*	*Урожайность пшеницы, т/га*	*Затраты, руб./га*	*Себестоимость, руб./т*	*Прибыль, руб./га*	*Рентабельность, %*
2017	0,93	993	3,36	16873	5420	15338	92
2018	0,71	1190	2,19	14692	7540	7678	52
2019	0,68	1166	2,06	12939	6690	8420	67

**06…07 – июнь–июль*

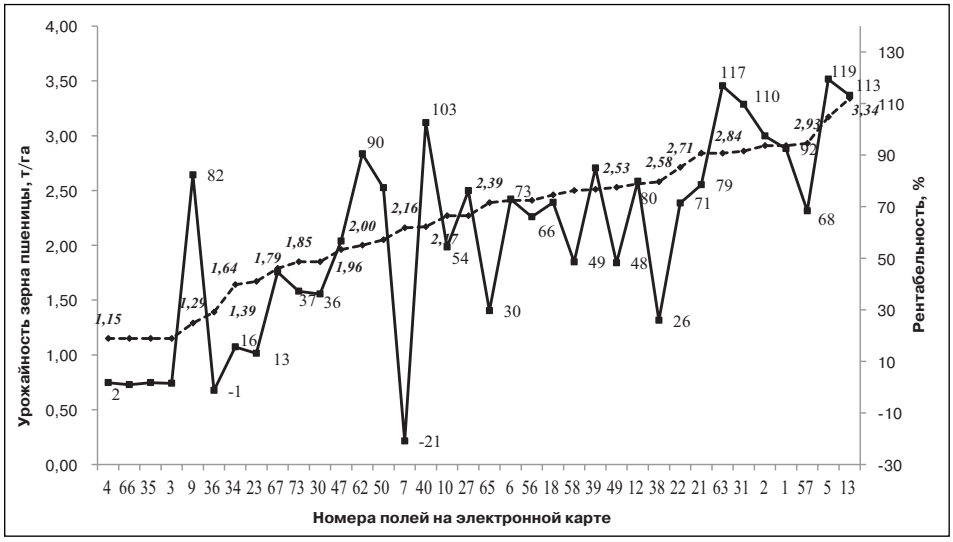


Рис. 3. Рентабельность производства зерна яровой пшеницы в зависимости от урожайности на разных полях Курганского НИИСХ (2018 г.): – урожайность, т/га; – рентабельность, %.

Наибольшие различия по затратам характерны для применения агрохимикатов. Например, на фунгициды они были наибольшими в 2018 г., что связано с увеличением обработанной площади с 435 до 723 га из-за эпифитотии бурой ржавчины пшеницы. Однако из-за того, что стоимость фунгицидов в этом году была ниже обработка 1 га посевов обошлась значительно дешевле (566 руб./га вместо 1265 руб./га). Если бы цена препарата была прежней, то общие затраты достигли бы 914595 руб., а они составили 409274 руб., или на 505321 руб. меньше (программа по расчету технологических карт это также учитывает автоматически при изменении цены препарата в справочнике). Фактор экономии в этом случае – закупочная цена аналогов. В 2019 г. объёмы использования фунгицидов на фоне меньшего развития болезни на пшенице сократились в 2…3 раза, по сравнению с 2017 и 2018 гг. Затраты на пестициды составили 1,2 млн рублей против 1,8 и 1,4 млн соответственно.

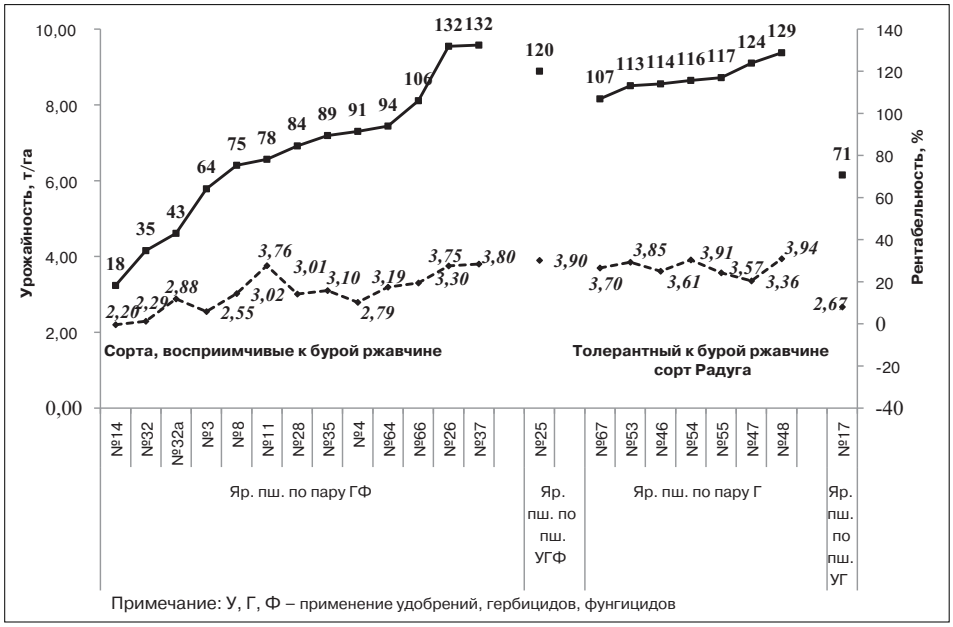


Рис. 4. Влияние сорта на урожайность яровой пшеницы и рентабельность производства зерна на различных полях Курганского НИИСХ (2017 г.): – урожайность, т/га; – рентабельность, %.

Для экономики сельхозпроизводства в эпифитотийные годы важное значение имеет использование толерантных сортов, не нуждающихся в обработке фунгицидами (рис. 4). Согласно результатам наших исследований, в эпифитотийном 2017 г. при выращивании толерантного к бурой листовой ржавчине сорта Радуга рентабельность производства зерна по пару составила в среднем 118 %. В аналогичных условиях на сортах, поражающихся болезнью в сильной степени, несмотря на хорошую урожайность после фунгицидных обработок, средняя рентабельность была равна 92 %.

Выборка в книге истории полей по предшественнику за 2015–2021 гг. показала, что при отработанной в хозяйстве технологии возделывания пшеницы по зерновому предшественнику (посев сеялками СКП-2,1 и СЗ-5,4, прикатывание, обработка гербицидами, при необходимости фунгицидами, внесение азотных или азотно-фосфорных удобрений) и по пару (4…5 поверхностных механических обработок почвы, без удобрений) сохраняется ежегодное преимущество парового предшественника (рис. 5). Прибавка по урожайности в годы исследований варьировала от 2 до 57 %.

Результаты сопоставления урожайности яровой пшеницы по паровому и зерновому предшественникам с условиями теплообеспеченности в разные месяцы вегетационного периода свидетельствуют о наибольшем преимуществе пара в годы с острозасушливым июнем (см. рис. 5). Коэффициент корреляции между величиной ГТК в июне и долей преимущества парового предшественника равен 0,6, ГТК в мае и июле – по 0,4, ГТК в августе – 0,1. Урожайность пшеницы при этом брали в среднем по 2…3 сортам, в зависимости от года, так как в производстве редко удается соблюдать принцип единственного различия. Однако в годы, когда один и тот же сорт высевали по разным предшественникам, выводы по эффективности пара совпадали.

В зависимости от срока посева, как одного из определяющих факторов продуктивности, различия по урожайности в производственных условиях с 2015 по 2021 гг. достигали 0,5 т/га и более (рис. 6). Так, посевы среднепозднего сорта яровой пшеницы Радуга в условиях засухи с мая по июнь ($ГТК_{05\text{-}06}$ – 0,6…0,7) оказались продуктивнее при более поздних сроках сева (в конце мая), а в благопри-

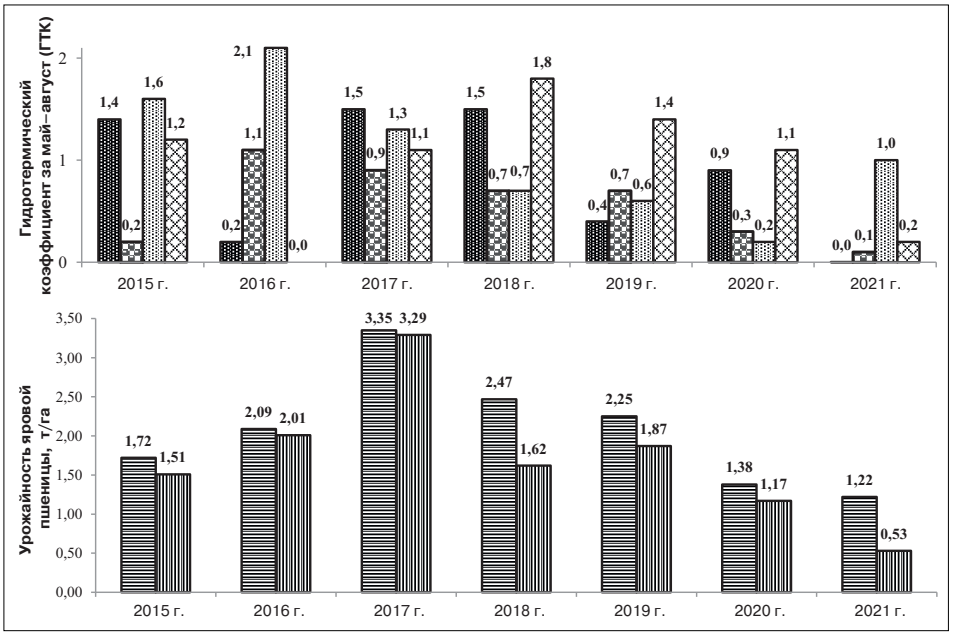


Рис. 5. Урожайность яровой пшеницы на производственных полях Курганского НИИСХ в зависимости от предшественника в разные по теплообеспеченности вегетационного периода годы, т/га: ▦ – май; ▩ – июнь; ▥ – июль; ▨ – август; ▤ – урожайность по паровому предшественнику, т/га; ▥ – урожайность по зерновому предшественнику яровая пшеница, т/га.

ятные по влагообеспеченности годы ($ГТК_{05-06}$ 1,0…1,1) – были эффективны и ранние, и средние сроки сева.

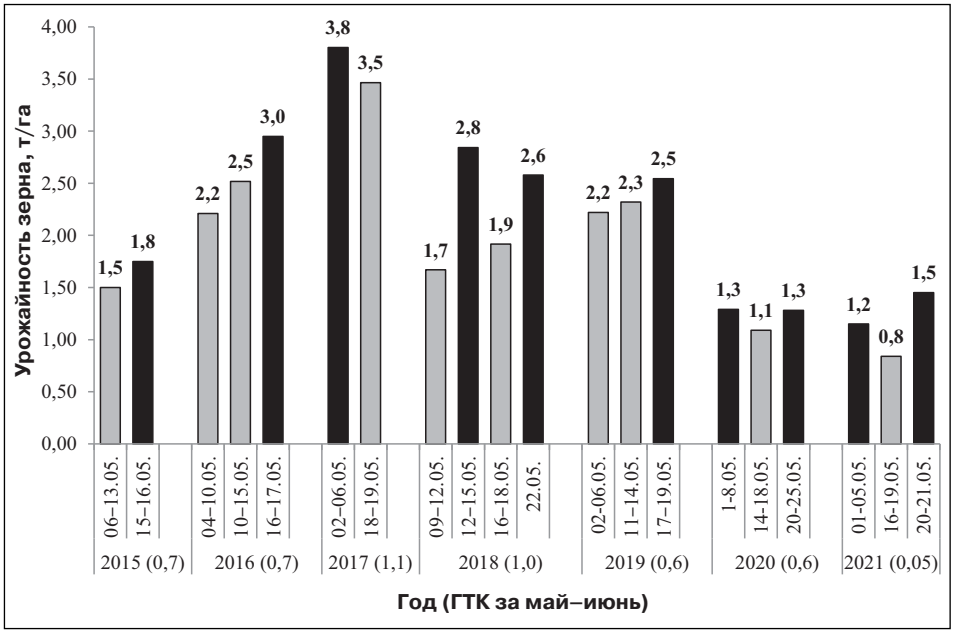


Рис. 6. Влияние срока посева на урожайность яровой пшеницы на различных полях (сорт Радуга, Курганский НИИСХ, 2015–2021 гг.), т/га.

В самые засушливые 2020–2021 гг., когда в июне ГТК был меньше 0,3, наиболее неблагоприятным периодом для посева среднепозднего сорта Радуга была вторая декада мая. Это можно объяснить, с одной стороны, попаданием растений под засуху в начале июня в критической фазе водопотребления, с другой, более ослабленными всходами при снижении содержания продуктивной влаги в верхнем слое почвы на фоне высоких температур воздуха уже с мая.

Отмеченные закономерности совпадают с рекомендациями, разработанными на основе результатов научных исследований в центральной природной зоне Курганской области. При расположении хозяйств в других почвенно-климатических условиях многолетняя информация об эффективности сроков посева, которая содержится в книге истории полей, будет иметь важное значение для проектирования агротехнологий. Определение оптимального срока посева, как и предшественников, норм высева, доз удобрений, культур и сортов в конкретном хозяйстве можно проводить на основе оценки ежегодной урожайности, получаемой в производстве за несколько лет в разрезе каждого поля, сорта, технологии. Использование компьютерных программ, позволяющих выводить данные и сводить их в необходимые отчеты в автоматическом режиме, многократно ускоряет такую аналитическую работу.

Выводы. На примере производственных полей Курганского НИИСХ показана возможность использования данных книги истории полей для анализа результатов производства зерна на конкретном поле и фактически ведения научных исследований в условиях хозяйства. Ежегодное фиксирование такой информации в электронном виде с возможностью формирования отчетов по различным заданным параметрам упрощает анализ данных, а автоматическое определение экономических показателей на основе расчета технологических карт позволит выявлять резервы для повышения эффективности как отдельных агроприемов, так и в целом агротехнологий, проектировать различные варианты технологий при меняющихся величинах параметров используемых ресурсов. Систематизация и анализ большого массива производственных данных, полученных в условиях конкретного поля в комплексе с накопленными результатами научных учреждений будут давать новые, существенно расширенные по условиям исследований знания в земледелии.

Литература.

1. Садовая Е. С. Цифровая экономика и новая парадигма рынка труда // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62. № 12. С. 35–45. doi: 10.20542/0131-2227-2018-62-12-35-45.

2. Цифровая экономика — различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) / А. П. Добрынин, К. Ю. Черных, В. П. Куприяновский и др. // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Vol. 4. No. 1. P. 4–11.

3. Голубев А. В. Инновации как исходный элемент стоимости // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 5. С. 122–137. doi: 10.34677/0021-342x-2019-5-122-137.

4. Uskov V. S. Scientific and technological development of the Russian economy in the transition to a new technological order // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2020. No. 1. P. 70–86. doi: 10.15838/esc.2020.1.67.4.

5. Бауэр В. П., Подвойский Г. Л., Котова Н. Е. Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства // Мир новой экономики. 2018. № 12 (2). С. 78–89. doi: 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89.

6. Устинович Е. С., Куликов М. В., Воробьев Ю. Н. Цифровизация сельского хозяйства: российский и зарубежный опыт // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 9. С. 48–51. doi: 10.31442/0235-2494-2019-0-9-48-51.

7. Оценка экономической эффективности внедрения информационных технологий в агропромышленном комплексе / И. С. Козубенко, В. И. Балабанов, И. В. Цветков и др. // Техника и оборудование для села. 2017. № 12. С. 42–46.

8. Зарубежный опыт распространения новых знаний в сельском хозяйстве / Н. П. Мишуров, О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров и др. // Техника и оборудование для села. 2021. № 1 (283). С. 38–43. doi: 10.33267/2072-9642-2021-1-38-43.

9. Goldfarb A., Tucker C. Digital economics // Journal of Economic Literature. 2019. Vol. 57. No. 1. P. 3–43. URL: https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.20171452 (дата обращения: 05.05.2022).

10. Development of equipment management system with monitoring of working characteristics of technological processes / M. Belousova, R. Aleshko, R. Zakieva, et al. // Journal of Applied Engineering Science. 2021. Vol. 19. No. 1. P. 186–192. doi: 10.5937/jaes0-28855.

11. Jorgensen M. H. Agricultural field production in an 'Industry 4.0' concept // Agronomy Research. 2018. Vol. 16. No. 1. P. 94–102. doi: 10.15159/ar.18.007.

12. Kindler A., Banzhaf E. Databases, data organization and data processing // Landscape balance and landscape assessment / R. Kronert, U. Steinhardt, M. Volk (eds). Springer. Berlin. Heidelberg, 2001. P. 47–85. doi: 10.1007/978-3-662-04532-9_3.

13. Constraints modeling in agricultural databases / F. Pinet, M. Duboisset, B. Demuth, et al. // Advances in modeling agricultural systems. Boston: Springer, 2009. P. 55–65. doi: 10.1007/978-0-387-75181-8_4.

14. Leena H. U., Premasudha B. G., Basavaraja P. K. Data optimisation and partitioning in private cloud using dynamic clusters for agricultural datasets // International Journal of Dynamics and Control. 2020. Vol. 8. P. 1027–1039. doi: 10.1007/s40435-019-00596-9.

15. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям / Е. А. Скворцов, Е. Г. Скворцова, И. С. Санду и др. // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 1014–1028. doi: 10.17059/2018-3-23.

16. Rodriguez M., Cuenca L., Ortiz A. Big data transformation in agriculture: From precision agriculture towards smart farming // Camarinha-Matos L., Afsarmanesh H., Antonelli D. Collaborative networks and digital transformation. PRO-VE 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2019. Vol. 568. P. 467–474. doi: 10.1007/978-3-030-28464-0_40.

17. Цифровое земледелие / В. И. Кирюшин, А. Л. Иванов, И. С. Козубенко и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 4–9.

18. Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. Влияние цифровизации управления агротехнологиями на эффективность использования ресурсов // АПК: Экономика, управление. 2020. № 8. С. 46–65. doi: 10.33305/208-46.

References

1. Sadovaya ES. [Digital economy and the new labor market paradigm]. Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya. 2018;62(12):35-45. Russian. doi: 10.20542/0131-2227-2018-62-12-35-45.

2. Dobrynin AP, Chernykh KYu, Kupriyanovskii VP, et al. [Digital economy: Various ways to the effective use of technologies (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA and others)]. International Journal of Open Information Technologies. 2016;4(1): 4-11. Russian.

3. Golubev AV. [Innovation as an initial element of value]. Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2019;(5):122-37. Russian. doi: 10.34677/0021-342kh-2019-5-122-137.

4. Uskov VS. Scientific and technological development of the Russian economy in the transition to a new technological order. Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2020;(1):70-86. doi: 10.15838/esc.2020.1.67.4.

5. Bauer VP, Podvoiskii GL, Kotova NE. [Strategies for adapting US companies to the digitalization of production areas]. Mir novoi ekonomiki. 2018;(12):78-89. Russian. doi: 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89.

6. Ustinovich ES, Kulikov MV, Vorob'ev YuN. [Digitalization of agriculture: Russian and foreign experience]. Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii. 2019;(9):48-51. Russian. doi: 10.31442/0235-2494-2019-0-9-48-51.

7. Kozubenko IS, Balabanov VI, Tsvetkov IV, et al. [Assessment of the economic efficiency of the introduction of information technologies in the agro-industrial complex]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2017;(12):42-6. Russian.

8. Mishurov NP, Kondrat'eva OV, Fedorov AD, et al. [Foreign experience in disseminating new knowledge in agriculture]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2021;(1):38-43. Russian. doi: 10.33267/2072-9642-2021-1-38-43.

9. Goldfarb A, Tucker C. Digital economics. Journal of Economic Literature [Internet]. 2019 [cited 2022 May 5];57(1):3-43. Available from: https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.20171452.

10. Belousova M, Aleshko R, Zakieva R, et al. Development of equipment management system with monitoring of working characteristics of technological processes. Journal of Applied Engineering Science. 2021;19(1):186-92. doi: 10.5937/jaes0-28855.

11. Jorgensen MH. Agricultural field production in an 'Industry 4.0' concept. Agronomy Research. 2018;16(1):94-102. doi: 10.15159/ar.18.007.

12. Kindler A, Banzhaf E. Databases, data organization and data processing. In: Kronert R, Steinhardt U, Volk M, editors. Landscape balance and landscape assessment. Berlin: Springer; 2001. p. 47-85. doi: 10.1007/978-3-662-04532-9_3.

13. Pinet F, Duboisset M, Demuth B, et al. Constraints modeling in agricultural databases. In: Advances in modeling agricultural systems. Boston: Springer; 2009. p. 55-65. doi: 10.1007/978-0-387-75181-8_4.

14. Leena HU, Premasudha BG, Basavaraja PK. Data optimisation and partitioning in private cloud using dynamic clusters for agricultural datasets. International Journal of Dynamics and Control. 2020;8:1027-39. doi: 10.1007/s40435-019-00596-9.

15. Skvortsov EA, Skvortsova EG, Sandu IS, et al. [The transition of agriculture to digital, intelligent and robotic technologies]. Ekonomika regiona. 2018;14(3):1014-28. Russian. doi: 10.17059/2018-3-23.

16. Rodriguez M, Cuenca L, Ortiz A. Big data transformation in agriculture: From precision agriculture towards smart farming. In: Camarinha-Matos L, Afsarmanesh H, Antonelli D, editors. Collaborative networks and digital transformation. PRO-VE 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2019;568:467-74. doi: 10.1007/978-3-030-28464-0_40.

17. Kiryushin VI, Ivanov AL, Kozubenko IS, et al. [Digital agriculture]. Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2018;(5):4-9. Russian.

18. Stepnykh NV, Nesterova EV, Zargaryan AM. [Impact of digitalization of agricultural technology management on the efficiency of resource use]. APK: Ekonomika, upravlenie. 2020;(8):46-65. Russian. doi: 10.33305/208-46.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Сегодня ФГБНУ ФНЦБЗР – это крупный научный центр РФ в области биологической защиты растений, органического земледелия, фитосанитарного, экотоксикологического и таксономического мониторинга агроэкосистем, биоценологии, биотехнологии, иммунитета растений, химической коммуникации биообъектов и тонкого органического синтеза. Центр выступает базовой организацией по биологической защите растений, способной эффективно осуществлять научную, инновационную и образовательную деятельность, генерировать новые знания и обеспечивать эффективный трансфер новых экологизированных агротехнологий в АПК страны.

Для достижения поставленных целей сотрудники центра ставят перед собой следующие основные задачи:

- проведение масштабных фундаментальных и прикладных исследований, направленных на разработку наукоемких энергосберегающих фитосанитарных агротехнологий, в том числе для органического земледелия;
- опережающее инновационное освоение завершенных научных разработок;
- подготовка кадров, способных совершить технологический прорыв в отрасли биологической защиты растений и работать в условиях нового постиндустриального уклада растениеводства.

Современная структура центра включает семь лабораторий, один сектор и филиал ФГБНУ ФНЦБЗР – Лазаревская ОСЗР.

На базе лабораторий Центра успешно функционируют зарегистрированные уникальные научные установки «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» (Рег.№ 671367), «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (Рег.№ 671925) и «Технологическая линия по массовому разведению насекомых-энтомофагов» (Рег.№ 671922). В ФГБНУ ФНЦБЗР создана, поддерживается и постоянно пополняется биоресурсная коллекция «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов».

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Сотрудники Центра проводят исследования в рамках семи тем Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ. За последние 5 лет учеными подготовлены и опубликованы: Аннотированный каталог перепончатокрылых насекомых России, три учебных пособия, 742 научные работы, из которых 57 проиндексированы в базах данных WoS/Scopus, получены 38 патентов, зарегистрированы 37 баз данных.

Разработки ФГБНУ ФНЦБЗР активно внедряются в производстве. На сегодняшний день реализуются соглашения о сотрудничестве между центром и предприятиями Краснодарского края (ООО «КЗ Гулькевичский», ООО «Кристалл-Агро», ООО «Биотехагро», ООО «Сельскохозяйственная фирма «Верлиока», ИП Рымарь Ю.И.), а также по всей стране (ООО «Адама Рус», г. Москва, СПК «Терруар», Республика Крым, ООО «Ваше хозяйство», г. Н. Новгород, СПК «Де Густо» РСО-Алания и др.).

В 2021 г. на конкурсной основе созданы НОЦ мирового уровня Юга России (участники центра – Ростовская область, Краснодарский край и Волгоградская область), молодежная лаборатория, научные направления которой связаны с программами деятельности НОЦ и их технологическими проектами, выполняются исследования по 11 проектам РФФИ, 2 проектам РНФ, 5 проектам КНФ, 1 Президентскому гранту и 3 проектам конкурса «Умник».

В плане международного сотрудничества заключены договоры с научными учреждениями Белоруссии, Молдовы, Казахстана, Абхазии, Израиля. Специалисты из этих стран периодически приезжают на стажировки по различным направлениям, стороны регулярно обмениваются делегациями, участвуют в международных конференциях, проводят совместные исследования и готовят публикации.

ISSN 0235-2451 ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ АПК. 2022, № 3-102. Цена 700 руб. Индекс ПП707