

Вниманию читателей предлагается альманах, содержащий лучшие научные статьи по овощеводству и картофелеводству за первое полугодие 2021 года. Тематика статей: селекция, семеноводство, семеноведение, защита растений, растениеводческие технологии, другие теоретические и прикладные аспекты возделывания овощей и картофеля. Выпуск альманаха планируется регулярным. Издатель — ООО «КАРТО и ОВ»

Readers are offered an almanac containing the best scientific papers on vegetable and potato growing for the first half of 2021. Papers themes: breeding, seed growing, seed science, plant protection, crop technologies, other theoretical and applied aspects of vegetable and potato growing. The almanac is scheduled to be released regularly. Publisher KARTO i OV Ltd

Содержание

Селекция и семеноводство

Ерошевская А.С., Егорова А.А., Милюкова Н.А., Пырсигов А.С. Идентификация аллелей гена Cf-9 устойчивости к кладоспориозу у гибридов томата F1 селекции Агрофирмы «Поиск»	3
Ерошевская А.С., Егорова А.А., Милюкова Н.А., Пырсигов А.С. Молекулярно-генетический анализ гибридов томата F ₁ по устойчивости к фузариозу	6
Долгополова М.А., Тимакова Л.Н. Создание исходного материала свеклы столовой для селекции на раздельноплодность	10

Овощеводство

Сакара Н.А., Леунов В.И., Тарасова Т.С., Николаев В.А. Столовая свекла в овощекартофельных севооборотах на юге Дальнего Востока России	13
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Защита растений

Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В., Приходько Ю.Н., Лозовая Е.Н., Живаева Т.С. Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России	18
Фасулати С.Р., Иванова О.В. Повреждаемость клубней картофеля проволочниками в зависимости от агроэкологических условий	24
Поддымкина Л.М., Бовыкина Н.В., Дорожкина Л.А., Ларина Г.Е. Биологизация системы защиты томата в защищенном грунте	29

Картофелеводство

Мальцев С.В., Андрианов С.В., Митюшкин А.В. Эффективность применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного целевого использования	33
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Contents

Breeding and seed growing

Eroshevskaya A.S., Egorova A.A., Milyukova N.A., Pysrikov A.S. Identification of Cf-9 gene alleles of resistance to leaf mold in F1 tomato hybrids bred by Poisk Agrofirma	3
Eroshevskaya A.S., Egorova A.A., Milyukova N.A., Pysrikov A.S. Molecular genetic analysis of F1 tomato hybrids for resistance to Fusarium wilt	6
Dolgopolova M.A., Timakova L.N. Creation of the source material of the table beet for breeding for split selection	10

Vegetable growing

Sakara N.A., Leunov V.I., Tarasova T.S., Nikolaev V.A. The table beet in vegetable potato crop rotations in the south of the Far East of Russia	13
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Plant protection

Shneyder Yu.A., Karimova E.V., Prikhodko Yu.N., Lozovaya E.N., Zhivaeva T.S. Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia	18
Fasulati S.R., Ivanova O.V. Damaging of potato tubers by wireworms depending on agro-ecological conditions	24
Poddymkina L.M., Bovykina N.V., Dorozhkina L.A., Larina G.E. Biologization of tomato protection system in greenhouses	29

Potato growing

Maltsev S.V., Andrianov S.V., Mityushkin A.V. Efficiency of germination inhibitors appliance by storage of potato varieties for various target uses	33
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

РЕДАКЦИЯ: *Леунов В.И.* (главный редактор), *Акимов Д.С.*, *Багров Р.А.*, *Бутов И.С.*, *Голубович В.С.* (верстка), *Дворцова О.В.*, *Корнев А.В.*, *Серова А.Ю.*

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

Адилев М.М. — доктор с.-х. наук, директор центра инновационных разработок и консультаций в сельском хозяйстве, профессор кафедры овощеводства, бахчеводства и виноградарства, Ташкентский государственный аграрный университет (Узбекистан)

Анисимов Б.В. — кандидат биологических наук, заведующий отделом стандартов и сертификации, ФГБНУ ВНИИ картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха
Аутко А.А. — доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, УО «Гродненский государственный аграрный университет» (Беларусь)

Басиев С.С. — доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»

Беленков А.И. — доктор с.-х. наук, профессор, кафедра земледелия и методики опытного дела факультета агрономии и биотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Белошопкина О.О. — доктор с.х. наук, профессор кафедры защиты растений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Быковский Ю.А. — доктор с.-х. наук, профессор, консультант

Галеев Р.Р. — доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой растениеводства и кормопроизводства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Джалилов Ф.С.-У. — доктор биологических наук, зав. кафедрой защиты растений факультета агрономии и биотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Духанин Ю.А. — доктор с.-х. наук, начальник управления отраслей сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Московской области

Игнатов А.Н. — доктор биологических наук, заместитель генерального директора ИЦ «ФитоИнженерия», профессор ФГАОВУ РУДН

Каракотов С.Д. — академик РАН, доктор химических наук, генеральный директор АО «Щелково Агрохим»

Клименко Н.Н. — кандидат с.-х. наук, директор ООО «Центр-Огородник»

Колпаков Н.А. — доктор с.-х. наук, доцент, ректор, заведующий кафедрой плодощеводства, технологии хранения и переработки продукции растениеводства, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»

Корчагин В.В. — кандидат с.-х. наук, генеральный директор Агрохолдинга «Поиск»

Легутко В. — кандидат с.-х. наук, директор селекционно-семеноводческой компании «W. Legutko» (Польша)

Максимов С.В. — кандидат с.-х. наук, генеральный директор ООО «Центр-Огородник»

Малько А.М. — доктор с.-х. наук, директор, ФГБУ «Россельхозцентр»

Михеев Ю.Г. — доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Приморская овощная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

Монахов Г.Ф. — кандидат с.-х. наук, генеральный директор, ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева»

Монахов С.Г. — доктор с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Огнев В.В. — кандидат с.-х. наук, доцент, директор, Селекционно-семеноводческий центр «Ростовский», Агрохолдинг «Поиск»

Симаков Е.А. — доктор с.-х. наук, профессор, заведующий отделом экспериментально-генофонда картофеля, ФГБНУ ВНИИ картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха

Смирнов А.Н. — доктор биологических наук, доцент кафедры фитопатологии, профессор кафедры защиты растений (сектор фитопатологии), ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Чекмарев П.А. — академик РАН, доктор с.-х. наук, член отделения сельскохозяйственных наук РАН секции земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства

Чумак В.А. — доктор с.-х. наук, профессор Института (НОЦ) технических систем и информационных технологий, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Ховриян А.Н. — канд. с.-х. наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства, ВНИИО-филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», руководитель службы селекции и первичного семеноводства, Агрохолдинг «Поиск»

EDITORIAL STAFF: *Leunov V.I.* (editor-in-chief), *Akimov D.S.*, *Bagrov R.A.*, *Butov I.S.*, *Golubovich V.S.* (designer), *Dvortsova O.V.*, *Kornev A.V.*, *Serova A.Yu.*

EDITORIAL BOARD:

Adilov M.M., Doctor of Agricultural Sciences, director of the Centre of Innovations and Consulting in Agriculture, professor of the department of vegetable, watermelon and vine growing, Tashkent State University (Uzbekistan)

Anisimov B.V., Candidate of Biological Sciences, head of the department of standards and certification, Lorch Potato Research Institute

Autko A.A., Doctor of Agricultural Sciences, professor, chief research fellow, Grodno State Agrarian University (Belarus)

Basiev S.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of the department of agriculture, plant growing, breeding and seed growing, Mountain State Agrarian University

Belenkov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, professor, the department of agriculture and experimental methods, faculty of agronomy and biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Beloshapkina O.O., Doctor of Agricultural Sciences, professor, the department of plant protection, faculty of agronomy and biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Bykovskii Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, professor, consultant

Chekmarov P.A., academicien of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, member of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, section of agriculture, land reclamation, water and forestry

Chumak V.A., Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Institute of Technical Systems and Information Technologies, Yugra State University

Dukhanin Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of agriculture and processing industry branches, Ministry of Agriculture and Processing Industry of Moscow region

Dzhalilov F.S.-U., Doctor of Biological Sciences, head of department of plant protection, faculty of agronomy and biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Galeev R.R., Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of department of plant and food plants growing, Novosibirsk State Agrarian University

Ignatov A.N., Doctor of Biological Sciences, deputy director general of Phytoengineering Research Centre, professor of Russian People Friendship University

Karakotov S.D., academicien of Russian Academy of Sciences, Doctor of Chemical Sciences, director general of Shchelkovo Agrochim Ltd.

Khovrin A.N., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the department of breeding and seed growing, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of Federal Scientific Centre of Vegetable Growing, head of the department of breeding and primary seed growing, Poisk Agro Holding

Klimenko N.N., Candidate of Agricultural Sciences, director of Ogorodnik Centre

Kolpakov N.A., Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, rector, head of the department of fruit and vegetable growing, technology of storage and processing of plant growing produce, Altai State Agrarian University

Korchagin V.V., Candidate of Agricultural Sciences, director general of Poisk Agro Holding

Legutko W., Candidate of Agricultural Sciences, director of breeding and seed growing company W. Legutko (Poland)

Maximov S.V., Candidate of Agricultural Sciences, director general of Ogorodnik Centre

Mal'ko A.M., Doctor of Agricultural Sciences, director Federal State Budgetary Institution Russian Agriculture Centre

Mikheev Yu.G., Doctor of Agricultural Sciences, leading research fellow, Primorye Vegetable Experimental Station – branch of Federal Scientific Centre of Vegetable Growing

Monakhos G.F., Candidate of Agricultural Sciences, director general Breeding Station after N.N. Timofeev Ltd.

Monakhos S.G., Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, head of the department of botany, breeding and seed growing of garden plants, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Ognev V.V., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, director of Rostovkii Breeding and Seed Production Centre, Poisk Agro Holding

Simakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of the department of experimental gene pool of potato, Lorch Potato Research Institute

Smirnov A.N., Doctor of Agricultural Sciences, associate professor at the department of phytopatology, professor at the department of plant protection (sector of phytopatology), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Идентификация аллелей гена *Cf-9* устойчивости к кладоспориозу у гибридов томата F_1 селекции Агрофирмы «Поиск»

Identification of *Cf-9* gene alleles of resistance to leaf mold in F_1 tomato hybrids bred by Poisk Agrofirma

Ерошевская А.С., Егорова А.А., Милюкова Н.А., Пырсигов А.С.

Eroshevskaya A.S., Egorova A.A., Milyukova N.A., Pysrikov A.S.

Аннотация

Abstract

В статье представлены результаты молекулярно-генетического анализа F_1 гибридов томата разных товарных групп на наличие аллелей гена устойчивости *Cf-9* к кладоспориозу. Молекулярно-генетический анализ проводили в лаборатории маркерной и геномной селекции растений ФГБНУ ВНИИСБ в 2019 году. В качестве объекта исследования использованы 16 F_1 гибридов томата, в том числе 10 крупноплодных, 1 кистевой, 1 коктейль и 4 черри. Повторность исследований двухкратная (одна повторность – одно растение). Для идентификации аллелей гена *Cf-9* устойчивости к кладоспориозу применяли SCAR-маркер со следующими праймерами: CS5 (TTTCCAACCTTACAATCCCTTC), DS1 (GAGAGCTCAACCTTTACGAA), CS1 (GCCGTTCAAGTTGGGTGTT). Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала 50–100 нг ДНК, 2,5 мМ dNTP, 3 мМ MgSO₄, 10 пМ каждого праймера, 2 ед. Taq-полимеразы (ООО «НПФ Синтол») и 2х стандартный ПЦР буфер. Реакцию проводили в амплификаторе Termal Cyler Bio-Rad T 100 по программе 95 °С – 5 мин, 35 циклов 95 °С – 20 с, 60 °С – 30 с, 72 °С – 30 с, финальная элонгация в течение 5 мин при 72 °С. Визуализацию результатов ПЦР проводили путем электрофореза в 1,7%-ном агарозном геле с 1х TAE буфером, результаты анализировали с помощью системы Gel Doc 2000 (Bio-Rad Laboratories, Inc., США). При идентификации гена устойчивости *Cf-9* к кладоспориозу у изучаемых гибридов томата F_1 были выявлены фрагменты размером 378 п.н. (аллель *Cf-9*) и 507 п.н. (аллель 9DC), что указывает на их устойчивость к этому заболеванию. Согласно результатам исследований, из 16 F_1 гибридов томата 13 устойчивы к кладоспориозу, причем у 12 из них выявлено наличие только аллелей *Cf-9*, 1 гибрид имеет в генотипе оба аллеля устойчивости – *Cf-9* и 9DC. Доминантные гомозиготы по гену *Cf-9* будут использованы в селекционных программах Агрофирмы «Поиск» для создания линий-доноров устойчивости к кладоспориозу.

The article presents the results of molecular genetic analysis of F_1 tomato hybrids of different commodity groups for presence of *Cf-9* gene alleles of resistance to leaf mold. The molecular genetic analysis was carried out in the laboratory of marker and genomic plant breeding of FSBSI VNIISB in 2019. 16 F_1 tomato hybrids were used as the object of the study, including 10 large-fruited, 1 brush, 1 cocktail and 4 cherry. The repetition of studies is two-fold (one frequency – one plant). To identify alleles of the *Cf-9* gene for cladosporiosis resistance, a SCAR marker with the following primers was used: CS5 (TTTCCAACCTTACAATCCCTTC), DS1 (GAGAGCTCAACCTTTACGAA), CS1 (GCCGTTCAAGTTGGGTGTT). The reaction mixture for PCR with a volume of 25 µl contained 50–100 ng of DNA, 2.5 mM dNTP, 3 mM MgSO₄, 10 pM of each primer, 2 units. Taq-polymerase (LLC NPF Synthol) and 2x standard PCR buffer. The reaction was carried out in the Termal Cyler Bio-Rad T 100 amplifier according to the program 95 °C – 5 min, 35 cycles 95 °C – 20 s, 60 °C – 30 s, 72 °C – 30 s, the final elongation for 5 minutes at 72 °C. The PCR results were visualized by electrophoresis in a 1.7% agarose gel with 1x TAE buffer, the results were analyzed using the Gel Doc 2000 system (Bio-Rad Laboratories, Inc., USA). The identification of the *Cf-9* resistance gene to cladosporiosis in the studied tomato F_1 hybrids revealed fragments of 378 bp (*Cf-9* allele) and 507 bp (9DC allele), which indicates their resistance to this disease. According to the research results, 13 out of 16 tomato F_1 hybrids are resistant to cladosporiosis, and 12 of them have only *Cf-9* alleles, 1 hybrid has both *Cf-9* and 9DC resistance alleles in the genotype. Dominant homozygotes for the *Cf-9* gene will be used in breeding programs of Poisk Agrofirma to create donor lines for resistance to cladosporiosis.

Key words: tomato, leaf mold, molecular genetic analysis, resistance, donor.

For citing: Identification of *Cf-9* gene alleles of resistance to leaf mold in F_1 tomato hybrids bred by Poisk Agrofirma. A.S. Eroshevskaya, A.A. Egorova, N.A. Milyukova, A.S. Pysrikov. Potato and vegetables. 2021. No3. Pp. 35-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.55.18.004> (In Russ.).

Ключевые слова: томат, кладоспориоз, молекулярно-генетический анализ, устойчивость, донор.

Для цитирования: Идентификация аллелей гена *Cf-9* устойчивости к кладоспориозу у гибридов томата F_1 селекции Агрофирмы «Поиск» / А.С. Ерошевская, А.А. Егорова, Н.А. Милюкова, А.С. Пырсигов // Картофель и овощи. 2021. №3. С. 35-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.55.18.004>

В современных теплицах проблема защиты томата от болезней остается актуальной, несмотря на улучшение технологии выращивания культуры. Одна из распространенных болезней томата – кладоспориоз, или бурая пятнистость листьев томата (*leaf mold*), возбудитель – патогенный гриб *Passalora fulva* (син.: *Cladosporium fulvum*, *Fulvia fulva*). Известно много физиологических рас патогена *P. fulva*,

причем в России идентифицировано 8 рас. Болезнь наиболее вредоносна при выращивании томата в защищенном грунте, но встречается и в полевых условиях. Наибольшего развития кладоспориоз достигает при температуре 24–26 °С и относительной влажности воздуха более 75% [1]. Патогенный гриб может поражать листья (пораженные участки с окраской от светло-зеленой до желтоватой; оливково-зе-

леные массы конидий гриба на нижней поверхности листьев – **рис.**), плоды (кожистая гниль черного цвета со стороны чашечки), цветки, стебли [2]. Неустойчивые растения могут потерять большую часть плодов и листового аппарата, в результате чего урожайность значительно снижается. Один из методов борьбы с этой болезнью – выращивание устойчивых к кладоспориозу сортов и гибридов томата [1].



Симптомы поражения листьев томата грибом *P. fulva*

Многие селекционные компании (Seminis, Syngenta, Harris Moran, Sakata, Asgrow и др.) в процессе селекции томата используют молекулярные маркеры на устойчивость к болезням различного происхождения [3]. Успешное внедрение маркер-ориентированной селекции (MAS) в селекционные программы объясняется многими преимуществами отбора по генотипу по сравнению с классическим отбором по фенотипу: высокая точность отбора, значительное ускорение селекционного процесса, сокращение площадей, занятых селекционным материалом, экономия трудовых и материальных ресурсов; независимость генотипа от изменений условий окружающей среды [4, 5, 6, 7].

Устойчивость томата к кладоспориозу наследуется как полностью доминантный признак. Генетический механизм устойчивости томата к этому заболеванию сложен и контролируется 24 доминантными генами [1]. В России наиболее эффективные гены устойчивости – *Cf-2*, *Cf-5*, *Cf-6*, *Cf-9*, дающие устойчивость к расам гриба 1, 3 и 4 [8].

Цель исследования: ДНК-типирование аллелей гена устойчивости *Cf-9* к кладоспориозу у F_1 гибридов томата разных товарных групп (черри, коктейль, кистевые, крупноплодные) селекции Агрофирмы «Поиск».

Условия, материалы и методы исследований

Молекулярно-генетический анализ проводили в лаборатории маркерной и геномной селекции растений ФГБНУ ВНИИСБ в 2019 году.

В качестве объекта исследования использованы 16 F_1 гибридов томата, в том числе 10 крупноплодных, 1 кистевой, 1 коктейль и 4 черри. Повторность исследований двукратная (одна повторность – одно растение).

Для идентификации аллелей гена *Cf-9* устойчивости к кладос-

Результаты ДНК-типирования аллелей гена устойчивости *Cf-9* к кладоспориозу, 2019 год

Гибрид		Товарная группа	№ образца	Наличие целевых фрагментов*
№	название			
1	F ₁ 603/19	Крупноплодный	603–1	378 (R)
			603–2	378 (R)
2	F ₁ 604/19		604–1	378 (R)
			604–2	378 (R)
3	F ₁ 605/19		605–2	– (S)
			605–5	– (S)
4	F ₁ 606/19		606–1	– (S)
			606–2	– (S)
5	F ₁ 608/19		608–1	– (S)
			608–2	– (S)
6	F ₁ 609/19		609–1	378 (R)
			609–2	378 (R)
7	F ₁ 612/19		612–1	378+507 (R)
			612–3	378+507 (R)
8	F ₁ 623/19		623–2	378 (R)
			623–4	378 (R)
9	F ₁ 624/19	624–1	378 (R)	
		624–3	378 (R)	
10	F ₁ 625/19	625–2	378 (R)	
		625–3	378 (R)	
11	F ₁ 614/19	Кистевой	614–1	378 (R)
			614–2	378 (R)
12	F ₁ 797/19	Коктейль	797–2	378 (R)
			797–3	378 (R)
13	F ₁ 835/19	Черри	835–1	378 (R)
			835–4	378 (R)
14	F ₁ 704/19		704–1	378 (R)
			704–2	378 (R)
15	F ₁ 798/19		798–1	378 (R)
			798–4	378 (R)
16	F ₁ 800/19		800–1	378 (R)
			800–2	378 (R)

*R – устойчивый (resistance), S – восприимчивый (susceptible)

пориозу применяли SCAR-маркер (sequence characterized amplified region, характерная последовательность амплифицируемого участка) со следующими праймерами: CS5 (TTTCCAACCTTACAATCCCTTC), DS1 (GAGAGCTCAACCTTTACGAA), CS1 (GCCGTTCAAGTTGGGTGTT). Выделение ДНК проводили из молодых листьев по методике, описанной J. Plaschke et al. [9] с модификациями [10]. Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала 50–100 нг ДНК, 2,5 мМ dNTP, 3 мМ MgSO₄, 10 пМ каждого праймера, 2 ед. Taq-полимеразы (ООО «НПФ Синтол», г. Москва) и 2х стандартный ПЦР бу-

фер. Реакцию проводили в амплификаторе Termal Cycler Bio-Rad T 100 по программе 95 °С – 5 мин, 35 циклов 95 °С – 20 с, 60 °С – 30 с, 72 °С – 30 с, финальная элонгация в течение 5 мин при 72 °С. Визуализацию результатов ПЦР проводили путем электрофореза в 1,7%-ном агарозном геле с 1x TAE буфером, результаты анализировали с помощью системы Gel Doc 2000 (Bio-Rad Laboratories, Inc., США).

Результаты исследований

Выбранные нами праймеры при заданных параметрах ПЦР позволяют амплифицировать фрагменты размером 378 п.н. (аллель *Cf-9*) и 507 п.н. (аллель *9DC*), свидетельст-

твующие о наличии аллелей устойчивости. Восприимчивые генотипы не содержат данных фрагментов. Всего было проанализировано 32 образца (табл.).

Установлено, что из 10 крупноплодных F_1 гибридов томата 7 устойчивы к кладоспориозу, из них 6 несут доминантные аллели *Cf-9* (F_1 603/19, F_1 604/19 и др.), 1 гибрид – аллели *Cf-9* и *9DC* (F_1 612/19). У крупноплодных гибридов F_1 605/19, F_1 606/19 и F_1 608/19 не выявлено фрагментов 378 и 507 п.н., следовательно, они восприимчивы к кладоспориозу.

Кистевой гибрид F_1 614/19 содержит ген *Cf-9* в гомозиготном состоянии.

Среди 5 F_1 гибридов томата групп черри и коктейль (F_1 797/19, F_1 835/19, F_1 704/19, F_1 798/19, F_1 800/19) все были доминантными гомозиготами по гену *Cf-9*, так как имеют фрагмент 378 п.н.

Выводы

Таким образом, из 16 гибридов томата разных товарных групп 13 оказались устойчивыми к кладоспориозу, причем у 12 из них выявлено только наличие аллелей *Cf-9*, лишь 1 гибрид имеет в генотипе оба аллеля устойчивости – *Cf-9*

и *9DC*. Планируется оценка устойчивости изученных гибридов томата F_1 к кладоспориозу в условиях пленочных грунтовых теплиц с целью проверки эффективности исследуемого гена *Cf-9*. Доминантные гомозиготы по гену *Cf-9*, устойчивые в пленочных грунтовых теплицах, будут использованы в селекционных программах Агрофирмы «Поиск» для создания линий-доноров устойчивости к кладоспориозу.

Библиографический список

1. Ахатов А.К. Мир томата глазами фитопатолога. М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2016. 292 с.
2. Руководство по болезням томата. Практическое пособие для семеноводов, овощеводов и консультантов по сельскому хозяйству / под ред. Б. Габора. Seminis, 1997. 81 с.
3. Игнатова С.И., Терешонкова Т.А., Багирова С.Ф. Молекулярные исследования в области селекции томата на устойчивость к заболеваниям: краткий обзор последних достижений и приоритетных направлений // Гавриш. 2008. №3. С. 44–47.
4. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. №4-2. С. 1044–1054.
5. Чесноков Ю.В., Косолапов В.М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса. М.: ООО «Угрешская типография», 2016. 172 с.
6. Barone A. Molecular marker-assisted selection for resistance to pathogens in tomato // A paper presented during the FAO international workshop on «Marker assisted selection: a fast track to increase genetic gain in plant and animal breeding?». 2003. Pp. 29–34.
7. Moose St.P., Mumm R.H. Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. Plant Physiol. 2008. Vol. 147. Pp. 969–977. DOI: 10.1104/pp.108.118232.
8. Игнатова С.И. Роль наследственного потенциала по устойчивости у томата в системе комплексной защиты в закрытом грунте // Гавриш. 2001. №6. С. 18–20.
9. Plaschke J., Ganai M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers // Theor. Appl. Genet. 1995. Vol. 91. Pp. 1001–1007. DOI: 10.1007/BF00223912.
10. Шамшин И.Н., Кудрявцев А.М., Савельев Н.И. Создание генетических паспортов сортов яблоки на основе анализа полиморфизма микросателлитных локусов генома: методика. Мичуринск, 2013. 44 с.

Об авторах

Ерошевская Анастасия Сергеевна, аспирант, м.н.с., ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: eroshnast@yandex.ru

Егорова Анна Анатольевна, канд. с.-х. наук, с.н.с., ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: edvaaed@rambler.ru

Милукова Наталья Александровна, канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ ВНИИСБ, доцент кафедры генетики, селекции и семеноводства, РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: milyukovan@gmail.com

Пырских Андрей Сергеевич, канд. с.-х. наук, н.с. лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ ВНИИСБ. E-mail: andrey.pyrsikov@yandex.ru

References

1. Akhatov A.K. The world of tomato through the eyes of a phytopathologist. Moscow. KMK Scientific Press Ltd. 2016. 292 p. (In Russ.).
2. Manual of the tomato diseases. Practical guide for seed growers, vegetable growers and agricultural consultants. Ed. B. Gabor. Seminis. 1997. 81 p. (In Russ.).
3. Ignatova S.I., Tereshonkova T.A., Bagirova S.F. Molecular studies in the field of tomato breeding for disease resistance: a brief overview of recent achievements and priority areas. Gavrish. 2008. No3. Pp. 44–47 (In Russ.).
4. Khlestkina E.K. Molecular markers in genetic studies and breeding. Vavilov journal of genetics and breeding. 2013. Vol. 17. No4-2. Pp. 1044–1054 (In Russ.).
5. Chesnokov Yu.V., Kosolapov V.M. Genetic resources of plants and acceleration of the breeding process. Moscow. Ugresh Printing House LLC. 2016. 172 p. (In Russ.).
6. Barone A. Molecular marker-assisted selection for resistance to pathogens in tomato. A paper presented during the FAO international workshop on «Marker assisted selection: a fast track to increase genetic gain in plant and animal breeding?». 2003. Pp. 29–34.
7. Moose St.P., Mumm R.H. Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. Plant Physiol. 2008. Vol. 147. Pp. 969–977. DOI: 10.1104/pp.108.118232.
8. Ignatova S.I. The role of the hereditary potential of tomato resistance in the system of complex protection in protected ground. Gavrish. 2001. No6. Pp. 18–20. (In Russ.).
9. Plaschke J., Ganai M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers. Theor. Appl. Genet. 1995. Vol. 91. Pp. 1001–1007. DOI: 10.1007/BF00223912.
10. Shamshin I.N., Kudryavtsev A.M., Saveliev N.I. Creation of genetic passports of apple varieties based on the analysis of polymorphism of microsatellite loci of the genome: methodology. Michurinsk. 2013. 44 p. (In Russ.).

Author details

Eroshevskaya A.S., post-graduate student, junior research fellow, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC

Egorova A.A., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC. E-mail: edvaaed@rambler.ru

Milyukova N.A., Cand. Sci. (Biol.), senior research fellow of Laboratory of Marker and Genomic Plant Breeding, FSBSI All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology (ARRIAB), Associate Professor of the Department of Genetics, Selection and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MTA). E-mail: milyukovan@gmail.com

Pyrsikov A.S., Cand. Sci. (Agr.), research fellow of the laboratory of genomic and marker-assisted plant breeding, ARRIAB. E-mail: andrey.pyrsikov@yandex.ru

Молекулярно-генетический анализ гибридов томата F₁ по устойчивости к фузариозу

Molecular genetic analysis of F₁ tomato hybrids for resistance to *Fusarium wilt*

Ерошевская А.С., Егорова А.А., Милюкова Н.А., Пырских А.С.

Eroshevskaya A.S., Egorova A.A., Milyukova N.A., Pysikov A.S.

Аннотация

Одно из самых опасных заболеваний томата – фузариозное увядание (*Fusarium wilt*), возбудитель которого – фитопатогенный гриб *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Наиболее эффективный метод борьбы с этой болезнью – выращивание устойчивых сортов и гибридов томата. В настоящее время анализ растений по аллелям генов устойчивости успешно проводят с использованием молекулярных маркеров, которые позволяют выявить различия изучаемых образцов на уровне ДНК. Цель исследования – молекулярно-генетический анализ гибридов томата F₁ селекции агрофирмы «Поиск» по устойчивости к фузариозу (ген I2). В качестве объекта исследования были взяты 17 гибридов томата F₁ разных товарных групп (крупноплодные, кистевые, коктейль, черри). Исследования проводили в лаборатории маркерной и геномной селекции растений ФГБНУ ВНИИСБ в 2019 году. Для идентификации аллелей гена I2 использовали функциональный маркер I-2 с праймерами I-2/5F (CAAGGAAGTGCCTGTCTGTCTG) и I-2/5R (ATGAGCAATTTGTGGCCAGT). ПЦР проводили в амплификаторе Termal Cyler Bio-Rad T 100, визуализацию результатов проводили путем электрофореза в 1,7%-ном агарозном геле с 1x TAE буфером, результаты анализировали с помощью системы Gel Doc 2000. При идентификации гена устойчивости I2 к фузариозу у изучаемых гибридов томата F₁ были выявлены фрагменты 633 п.н. (аллель I-2) и 566 п.н. (аллель I-2C), что указывает на их устойчивость к этому заболеванию. Установлено, что из 17 исследуемых гибридов томата F₁ – устойчивы к фузариозу, из них 4 – доминантные гомозиготы по гену I2 (аллели I-2). Гибрид F₁ 835/19 содержит в генотипе оба аллеля устойчивости: I-2 и I-2C. С целью проверки эффективности исследуемого гена I2 планируется оценка гибридов томата F₁ методом искусственного заражения в фазе семян (расы 1 и 2 *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*). При подтверждении результатов маркерного анализа доминантные гомозиготы по гену I2 будут использованы в селекционном процессе для создания линий-доноров к фузариозу.

Ключевые слова: томат, гибрид, фузариозное увядание, молекулярно-генетический анализ, устойчивость, донор.

Для цитирования: Молекулярно-генетический анализ гибридов томата F₁ по устойчивости к фузариозу / А.С. Ерошевская, А.А. Егорова, Н.А. Милюкова, А.С. Пырских // Картофель и овощи. 2021. №5. С. 37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.44.34.006>

На томате встречается более 200 видов вредителей и патогенов различной природы [1]. Одно из самых опасных заболеваний томата – фузариозное увядание (*Fusarium wilt*), возбудитель которого – фитопатогенный гриб *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* [2]. Заболевание распространено повсеместно в районах возделывания, но наибольший вред и экономический ущерб наносит в теплицах, в которых ежегодно выращивают то-

маты [3]. У семян заболевание проявляется в виде отставания в росте, пожелтения и увядания более старых листьев и семядолей. При сильном заражении сеянцы погибают [2]. Наиболее часто фузариоз томата наблюдается в период массового плодоношения. Вначале верхушки побегов привядают, нижние листья желтеют (рис.). Постепенно заболевание распространяется вверх, охватывая все растение. Происходит деформация черешков и скручивание листо-

Abstract

One of the most dangerous diseases of tomato is fusarium wilt, caused by phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. The growing of tomato resistant varieties and hybrids is the most effective method to control this disease. Now plant analysis for alleles of resistance genes is successfully carried out using molecular markers that allow to identify differences in studied samples at DNA level. The aim of the research is a molecular genetic analysis of tomato F₁ hybrids selected by the Poisk AgroFirm for resistance to fusarium wilt (gene I2). As an object of research, 17 hybrids of tomato F₁ of different product groups (large-fruited, brush, cocktail, cherry) were taken. The analysis was carried out in the laboratory of marker and genomic plant breeding of FSBSI VNIISB in 2019. The functional marker I-2 with primers I-2/5F (CAAGGAAGTGCCTGTCTGTCTG) and I-2/5R (ATGAGCAATTTGTGGCCAGT) was used to identify I2 gene alleles. The PCR was carried out in the Termal Cyler Bio-Rad T 100 amplifier, the results were visualized by electrophoresis in a 1.7% agarose gel with 1x TAE buffer and were analyzed using the Gel Doc 2000 system. The fragments 633 bp (I-2 allele) and 566 bp (I-2C allele) in investigated tomato hybrids indicate their resistance to this disease. Among 17 hybrids 16 are resistant to fusarium wilt, 4 hybrids from them are dominant homozygotes for I2 gene (I-2 alleles). Hybrid F₁ 835/19 has both I-2 and I-2C alleles. To test the I2 gene effectiveness it is planned to assess tomato F₁ hybrids by artificial inoculation in seedling phase (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races 1 and 2). Dominant homozygotes for I2 gene will be used in breeding programs for creating donor lines of resistance to fusarium wilt if the results of marker analysis are confirmed.

Key words: tomato, hybrid, fusarium wilt, molecular genetic analysis, resistance, donor.

For citing: Molecular genetic analysis of F₁ tomato hybrids for resistance to Fusarium wilt. A.S. Eroshevskaya, A.A. Egorova, N.A. Milyukova, A.S. Pysikov. Potato and vegetables. 2021. No5. Pp. 37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.44.34.006> (In Russ.).

вых пластинок [3]. Пораженные листья увядают и отмирают, но не опадают с растения [2]. Отмечается побурение сосудов на поперечном срезе пораженных стеблей. По внешним признакам фузариоз напоминает вертициллез, но отличается более выраженным хлорозом листьев [3]. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* может сохраняться в почве в течение нескольких лет, распространяться в почве на с.-х. технике. Источником инфекции также могут быть заражен-



Симптомы поражения листьев томата фитопатогенным грибом *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*

ные растительные остатки, поливная вода [2].

Идентифицировано три расы *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*: 1, 2 и 3. В теплицах России преобладает раса 1 (90%), раса 2 встречается в 10% случаев заражения томата фузариозом.

Высокоэффективные химические и биологические средства защиты томата от фузариоза в настоящее время отсутствуют [3]. Наиболее эффективный метод борьбы с этой болезнью – выращивание устойчивых сортов и гибридов томата [2, 4]. В этой связи селекция томата на устойчивость к фузариозу остается актуальной задачей. Если раньше селекция томата на устойчивость к болезням основывалась на оценке селекционного материала посредством искусственного инфекционного фона, то в настоящее время анализ растений по аллелям генов устойчивости успешно проводится с использованием молекулярных маркеров. Генетические маркеры позволяют выявить различия изучаемых образцов на уровне ДНК, обладают рядом преимуществ, включая более высокую точность отбора, ускорение селекционного процесса, отсутствие влияния факторов внешней среды [5, 6]. Маркерная селекция широко применяется в США, Европе, Австралии, Канаде [7].

Генетическая устойчивость томата к фузариозу контролируется несколькими доминантными генами: *I*, *I2*, *I3*, *I4*, *I5*, *I6*. Гены *I* и *I2* локализованы в хромосоме 11, ген *I3* – в хромосоме 7, гены *I4* и *I5* – в хромосоме 2, ген *I6* – в хромосоме 10 [8–14]. В селекционной практике используют ген *I2*, обеспечивающий устойчивость

Результаты ДНК-типирования аллелей гена устойчивости *I2* к фузариозу, 2019 год

№ гибрида п/п	Гибрид	Товарная группа	№ образца	Наличие целевых фрагментов*	
1	F ₁ 603/19	Крупноплодный	603-1	633 (R)	
			603-2	633 (R)	
2	F ₁ 604/19		604-1	633+693 (R)	
			604-2	633 (R)	
3	F ₁ 605/19		605-2	633+693 (R)	
			605-5	633+693 (R)	
4	F ₁ 606/19		606-1	633 (R)	
			606-2	633 (R)	
5	F ₁ 608/19		608-1	633+693 (R)	
			608-2	633+693 (R)	
6	F ₁ 609/19		609-1	633+693 (R)	
			609-2	633+693 (R)	
7	F ₁ 612/19		612-1	633+693 (R)	
			612-3	633+693 (R)	
			617-2	633+693 (R)	
8	F ₁ 617/19		617-3	633 (R)	
			9	F ₁ 623/19	623-2
		623-4			633 (R)
10	F ₁ 624/19	624-1	633+693 (R)		
		624-3	633+693 (R)		
		11	F ₁ 625/19	625-2	693 (S)
625-3	693 (S)				
12	F ₁ 627/19			627-1	633+693 (R)
		627-2	633+693 (R)		
13	F ₁ 797/19	Коктейль	797-2	633 (R)	
			797-3	633 (R)	
			14	F ₁ 835/19	Черри
835-4	566+633+693 (R)				
15	F ₁ 704/19	704-1	633+693 (R)		
		704-2	633+693 (R)		
16	F ₁ 798/19	798-1	566+693 (R)		
		798-4	566+693 (R)		
17	F ₁ 800/19	800-1	566+693 (R)		
		800-2	566+693 (R)		

*R – устойчивый (resistance), S – восприимчивый (susceptible)

растений томата к расе 2 *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* [10, 15].

Цель исследований – молекулярно-генетический анализ гибридов томата F₁ селекции агрофирмы «Поиск» по устойчивости к фузариозу (ген *I2*).

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в лаборатории маркерной и геномной селекции растений ФГБНУ ВНИИСБ в 2019 году. В качестве объекта исследования были выбраны 17 гибридов томата селекции агрофирмы «Поиск» разных товарных групп

(крупноплодные, кистевые, коктейль, черри).

Для идентификации аллелей гена *I2* использовали функциональный маркер I-2 с праймерами I-2/5F (CAAGGAAGTGCCTGTCTGTCTG) и I-2/5R (ATGAGCAATTTGTGGCCAGT). Выделяли ДНК из молодых листьев по методике, описанной J. Plaschke et al. с модификациями [16, 17]. Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала 50–100 нг ДНК, 2,5 мМ dNTP, 3 мМ MgSO₄, 10 пМ каждого праймера, 2 ед. Taq-полимеразы (ООО «НПФ Синтол», г. Москва) и 2х стандартный ПЦР бу-

фер. Реакцию проводили в амплификаторе Thermal Cycler Bio-Rad T 100 по программе 95 °C – 5 мин, 35 циклов 95 °C – 30 с, 58 °C – 30 с, 72 °C – 40 с, финальная элонгация в течение 5 мин при 72 °C. Визуализацию результатов ПЦР проводили путем электрофореза в 1,7%-ном агарозном геле с 1x TAE буфером, результаты анализировали с помощью системы Gel Doc 2000 (Bio-Rad Laboratories, Inc., США).

Результаты исследований

В результате амплификации ДНК с указанной выше парой праймеров могут быть выявлены следующие фрагменты: 633 п.н. (аллель I-2), 566 п.н. (аллель I-2C) – аллели устойчивости; 693 п.н., определяющий аллель восприимчивости. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили в агарозном геле при плотности 1,7%. Всего было проанализировано 34 образца (табл.).

При проведении электрофоретического анализа были выявлены разные аллельные варианты гена I2. Из 11 крупноплодных гибридов томата I0 устойчивы к фузариозному увяданию, так как содержат фрагмент 633 п.н., при этом 3 исследуемых гибрида из этой группы (F1 603/19, F1 606/19, F1 623/19) – доминантные гомозиготы по гену I2. Наличие у 5 крупноплодных гибридов кроме фрагмента 633 п.н. фрагмента размером 693 п.н. указывает на гетерозиготное состояние исследуемого гена. У гибридов F1 604/19 и F1 617/19 наблюдается расщепление по устойчивости к фузариозу (проявление у анализируемых образцов гена I2 в доминантном гомозиготном и гетерозиготном состоянии). Крупноплодный гибрид F1 625/19 восприимчив к этому заболеванию, поскольку имеет только фрагмент размером 693 п.н., что соответствует рецессивной гомозиготе. Кистевой гибрид F1 627/19 – гетерозиготен по гену I2, следовательно, устойчив к фузариозу.

Все исследуемые гибриды томата F1 группы черри устойчивы к фузариозу и гетерозиготны по гену I2. У гибрида F1 704/19 имеется фрагмент размером 633 п.н. (аллель I-2), у гибридов F1 798/19 и F1 800/19 – фрагмент 566 п.н. (аллель I-2C). У гибрида F1 835/19 обнаружено два разных аллеля устойчивости: I-2 и I-2C. Гибрид томата группы коктейль F1 797/19 содержит только фрагмент 633 п.н., что соответствует доминантной гомозиготе.

Выводы

Таким образом, выявлено 16 гибридов томата F1, устойчивых к фузариозному увяданию, 4 из них – доминантные гомозиготы по гену I2. С целью проверки эффективности исследуемого гена I2 планируется оценка гибридов томата F1 методом искусственного заражения в фазе семянцев

Библиографический список

1. Tomato disease resistances in the post-genomics era / Yuling Bai, Zhe Yan, E. Moriones, R. Fernandez-Munoz. Acta Hort. 2018. Vol. 1207. Pp. 1–18. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1207.1.
2. Руководство по болезням томата. Практическое пособие для семеноводов, овощеводов и консультантов по сельскому хозяйству / под ред. Б. Габора. Seminis, 1997. 81 с.
3. Ахатов А.К. Мир томата глазами фитопатолога. М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2016. 292 с.
4. Variability and geographical distribution of *Fusarium oxysporum* f.sp. *licopersici* physiological races and field performance of resistant sources in Brazil / A.M. Gonçalves, H. Costa, M.E.N. Fonseca, L.S. Boiteux, C.A. Lopes, A. Reis. Acta Hort. 2018. Vol. 1207. Pp. 45–50. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1207.5.
5. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. №4-2. С. 1044–1054.
6. De Vicente M.C., Fulton T. Using molecular marker technology in studies on plant genetic diversity. IPGRI and Cornell University. 2003 [Web resource] URL: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/Molecular_Markers_Volume_1_en.pdf. Date of access: 16.02.21.
7. Картирование локусов, контролирующих устойчивость ячменя к различным изолятам *Pyrenophora teres* f. *teres* и *Cochliobolus sativus* / О.С. Афанасенко, А.В. Козьяков, П. Хедлэй, Н.М. Лашина, А.В. Анисимова, О. Маннинен, М. Ялли, Е.К. Потокина // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. №4-1. С. 751–764.
8. Genome-wide dissection of *Fusarium* resistance in tomato reveals multiple complex loci / M.B. Sela-Buurlage, O. Budai-Hadrian, Q. Pan, L. Carmel-Goren, R. Vunsh, D. Zamir, R. Fluhr. Mol. Genet. Genomics. 2001. Vol. 265 (6). Pp. 1104–1111. DOI: 10.1007/s004380100509.
9. An RFLP marker in tomato linked to the *Fusarium oxysporum* resistance gene I2. M. Sarfatti, J. Katan, R. Fluhr, D. Zamir. Theor. Appl. Genet. 1989. Vol. 78 (5). Pp. 755–759. DOI: 10.1007/BF00262574.
10. Simons G. et al. Dissection of the *fusarium I2* gene cluster in tomato reveals six homologs and one active gene copy. Plant Cell. 1998. Vol. 10 (6). Pp. 1055–1068. DOI: 10.1105/tpc.10.6.1055.
11. Bournival B.L., Scott J.W., Vallejos C.E. An isozyme marker for resistance to race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *licopersici* in

(расы 1 и 2 *Fusarium oxysporum* f.sp. *licopersici*). При подтверждении результатов маркерного анализа доминантные гомозиготы по гену I2 будут использованы в селекционном процессе для создания линий-доноров к фузариозу.

12. Tanksley S.D., Costello W. The size of the *L. pennellii* chromosome 7 segment containing the I-3 gene in tomato breeding lines measured by RFLP probing. Rept. Tomato Genet. Coop. 1991. Vol. 41. P. 60.
13. Fine mapping of the tomato I-3 gene for fusarium wilt resistance and elimination of a co-segregating resistance gene analogue as a candidate for I-3 / M.N. Hemming, S. Basuki, D.J. McGrath, B.J. Carroll, D.A. Jones. Theor. Appl. Genet. 2004. Vol. 109 (2). Pp. 409–418. DOI: 10.1007/s00122-004-1646-4.
14. Catanzariti A.M., Lim G.T., Jones D.A. The tomato I-3 gene: a novel gene for resistance to *Fusarium wilt* disease. New Phytol. 2015. Vol. 207 (1). Pp. 106–118. DOI: 10.1111/nph.13348.
15. Correlation of genetic and physical structure in the region surrounding the I2 *Fusarium oxysporum* resistance locus in tomato / G. Segal, M. Sarfatti, M.A. Schaffer, N. Ori, D. Zamir, R. Fluhr. Mol Gen Genet. 1992. Vol. 231 (2). Pp. 179–185. DOI: 10.1007/BF00279789.
16. Plaschke J., Ganai M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers. Theor. Appl. Genet. 1995. Vol. 91. P. 1001–1007. DOI: 10.1007/BF00223912.
17. Шамшин И.Н., Кудрявцев А.М., Савельев Н.И. Создание генетических паспортов сортов яблони на основе анализа полиморфизма микросателлитных локусов генома: методика. Мичуринск, 2013. 44 с.

References

1. Tomato disease resistances in the post-genomics era / Yuling Bai, Zhe Yan, E. Moriones, R. Fernandez-Munoz. Acta Hort. 2018. Vol. 1207. Pp. 1–18. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1207.1.
2. Manual of the tomato diseases. Practical guide for seed growers, vegetable growers and agricultural consultants. Ed. B. Gabor. Seminis. 1997. 81 p. (In Russ.).
3. Akhatov A.K. The world of tomato through the eyes of a phytopathologist. Moscow. KMK Scientific Press Ltd. 2016. 292 p. (In Russ.).
4. Variability and geographical distribution of *Fusarium oxysporum* f.sp. *licopersici* physiological races and field performance of resistant sources in Brazil. A.M. Gonçalves, H. Costa, M.E.N. Fonseca, L.S. Boiteux, C.A. Lopes, A. Reis. Acta Hort. 2018. 1207. Pp. 45–50. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1207.5.
5. Khlestkina E.K. Molecular markers in genetic studies and breeding. Vavilov journal of genetics and breeding. 2013. Vol.

17. No4-2. Pp. 1044–1054 (In Russ.).
6. De Vicente M.C., Fulton T. Using molecular marker technology in studies on plant genetic diversity. IPGRI and Cornell University. 2003 [Web resource] URL: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/Molecular_Markers_Volume_1_en.pdf. Date of access: 16.02.21.
7. Mapping of the loci controlling the resistance to *Pyrenophora teres* f. *teres* and *Cochliobolus sativus* in two double haploid barley populations. O.S. Afanasenko, A.V. Kozjakov, P. Hedlay, N.M. Lashina, A.V. Anisimova, O. Manninen, M. Jalli, E.K. Potokina. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2014. Vol.18. No4-1. Pp. 751–764. (In Russ.).
8. Genome-wide dissection of Fusarium resistance in tomato reveals multiple complex loci. M.B. Sela-Buurlage, O. Budai-Hadrian, Q. Pan, L. Carmel-Goren, R. Vunsch, D. Zamir, R. Fluhr. *Mol. Genet. Genomics*. 2001. Vol. 265 (6). Pp. 1104–1111. DOI: 10.1007/s004380100509.
9. An RFLP marker in tomato linked to the *Fusarium oxysporum* resistance gene *I2*. M. Sarfatti, J. Katan, R. Fluhr, D. Zamir. *Theor. Appl. Genet.* 1989. Vol. 78 (5). Pp. 755–759. DOI: 10.1007/BF00262574.
10. Simons G. et al. Dissection of the fusarium *I2* gene cluster in tomato reveals six homologs and one active gene copy. *Plant Cell*. 1998. Vol. 10(6). Pp. 1055–1068. DOI: 10.1105/tpc.10.6.1055.
11. Bournival B.L., Scott J.W., Vallejos C.E. An isozyme marker for resistance to race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. *Theor. Appl. Genet.* 1989. Vol. 78 (4). Pp. 489–494. DOI: 10.1007/BF00290832.
12. Tanksley S.D., Costello W. The size of the *L. pennellii* chromosome 7 segment containing the *I-3* gene in tomato breeding lines measured by RFLP probing. *Rept. Tomato Genet. Coop.* 1991. Vol. 41. P. 60.
13. Fine mapping of the tomato *I-3* gene for fusarium wilt resistance and elimination of a co-segregating resistance gene analogue as a candidate for *I-3*. M.N. Hemming, S. Basuki, D.J. McGrath, B.J. Carroll, D.A. Jones. *Theor. Appl. Genet.* 2004. Vol. 109 (2). Pp. 409–418. DOI: 10.1007/s00122-004-1646-4.
14. Catanzariti A.M., Lim G.T., Jones D.A. The tomato *I-3* gene: a novel gene for resistance to Fusarium wilt disease. *New Phytol.* 2015. Vol. 207 (1). Pp. 106–118. DOI: 10.1111/nph.13348.
15. Correlation of genetic and physical structure in the region surrounding the *I2* *Fusarium oxysporum* resistance locus in tomato. G. Segal, M. Sarfatti, M.A. Schaffer, N. Ori, D. Zamir, R. Fluhr. *Mol Gen Genet.* 1992. Vol. 231 (2). Pp. 179–185. DOI: 10.1007/BF00279789.
16. Plaschke J., Ganai M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 1995. Vol. 91. Pp. 1001–1007. DOI: 10.1007/BF00223912.
17. Shamshin I.N., Kudryavtsev A.M., Saveliev N.I. Creation of genetic passports of apple varieties based on the analysis of the polymorphism of microsatellite genome loci: guidelines. *Michurinsk*. 2013. 44 p. (In Russ.).

Об авторах

Ерошевская Анастасия Сергеевна, аспирант, м.н.с., ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: eroshnast@yandex.ru

Егорова Анна Анатольевна, канд. с.-х. наук, с.н.с., ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: edvaaed@rambler.ru

Милюкова Наталья Александровна, канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ ВНИИСБ, доцент кафедры генетики, селекции и семеноводства, РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: milyukovan@gmail.com

Пырников Андрей Сергеевич, канд. с.-х. наук, н.с. лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ ВНИИСБ. E-mail: andrey.pyrsikov@yandex.ru

Author details

Eroshevskaia A.S., post-graduate student, junior research fellow, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC. E-mail: eroshnast@yandex

Egorova A.A., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC. E-mail: edvaaed@rambler.ru

Milyukova N.A., Cand. Sci. (Biol.), senior research fellow of laboratory of marker-assisted and genomic plant breeding, FSBSI All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology (ARRIAB), associate professor of the Department of Genetics, Selection and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MTAA). E-mail: milyukovan@gmail.com

Pyrsikov A.S., Cand. Sci. (Agr.), research fellow of laboratory of marker-assisted and genomic plant breeding, FSBSI ARRIAB. E-mail: andrey.pyrsikov@yandex.ru

Создание исходного материала свеклы столовой для селекции на раздельноплодность

Creation of the source material of the table beet for breeding for split selection

Долгополова М.А., Тимакова Л.Н.

Dolgoplova M.A., Timakova L.N.

Аннотация

Abstract

Для повышения уровня механизации производства свеклы столовой важное значение имеет признак раздельноплодности, который позволяет исключить проведение прореживания растений в рядках. Создание раздельноплодных сортов и гибридов длительный и трудоемкий процесс, который осложняется не ясным до конца механизмом наследования этого признака. Цель исследований – создать раздельноплодный исходный материал свеклы столовой с комплексом хозяйственно ценных признаков. Исследования проводили в 2015–2020 годах во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Изучение и описание линий столовой свеклы проводили согласно «Методическим указаниям ВИР по изучению и поддержанию в живом виде мировой коллекции корнеплодов». Полевые опыты закладывали на Центральной части Московецкой поймы (Раменский район Московской области). Почва аллювиальная, луговая, среднесуглинистая, хорошо окультуренная, с мощным гумусовым горизонтом. Метеорологические условия 2015–2020 годов складывались благоприятно для формирования корнеплодов и созревания семян свеклы столовой, за исключением условий 2017 и 2018 годов, которые повлияли на сроки вегетации растений, но не мешали получить посевной и посадочный материал. В качестве исходного материала использовали 5 сортов отечественной и зарубежной селекции (Бордо односемянная, Модана, Моника, Фортуна и Хавская односемянная). Агротехнические мероприятия выполнены в соответствии с требованиями, принятыми для Центрального региона Нечерноземной зоны РФ. Оценку поражения церкоспорозом проводили визуально по пятибалльной шкале Н.И. Салунской. Содержание сухого вещества в корнеплодах определяли термостатно-весовым методом; содержание сахаров в соке – рефрактометрическим методом; содержание бетанина – спектрофотометрическим методом. Уровень плодности семенных растений оценивали визуально во время бутонизации до начала цветения. Для проведения самоопыления использовали только растения с уровнем раздельноплодности 99 и 100%. Изолировали растения до начала цветения под индивидуальными изоляторами из нетканого материала спанбонд, плотностью 80 г/м². Выделено две линии из сорта Моника. Степень раздельноплодности у линии №1 составила 97%, у линии №4–90%. Эти линии характеризуются округлой формой корнеплода с темно-красной окраской мякоти. В корнеплодах содержится растворимых сахаров 6,6–6,3%, сухого вещества и бетанина – 11,2–12,8% и 133,3–130,8 мг/100 г соответственно.

Ключевые слова: свекла столовая, раздельноплодность, инбридинг, исходный материал.

Для цитирования: Долгополова М.А., Тимакова Л.Н. Создание исходного материала свеклы столовой для селекции на раздельноплодность // Картофель и овощи. 2021. №6. С. 34–36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.47.98.003>

Технология выращивания свеклы столовой предусматривает обязательное прореживание всходов, что значительно повышает себестоимость продукции. Признак раздельноплодности свеклы столо-

вой имеет важное значение, так как использование сеялок точного высева обеспечивает равномерное размещение семян в рядке, отпадает необходимость проведения прореживания растений в рядках, на что

To increase the level of mechanization of the production of dining beet, the sign of separation is important, which allows to exclude the decimation of plants in rows. The creation of separate fruit varieties and hybrids is a long and time-consuming process, which is complicated by the mechanism of inheritance of this feature that is not fully clear. The purpose of the research is to create a separate source material of canteen beets with a complex of economically valuable features. Research was carried out in 2015–2020 in ARRIVG – branch of FSBSI FSCVG. The study and description of the dining lines of beets was carried out in accordance with the «Methodological Guidelines of the VIR for the study and living maintenance of the world collection of root crops». Field experiments were carried out on the central part of the Moskvoretskaya floodplain (Ramensky district of Moscow region). The soil is alluvial, meadow, medium-grained, well-cultured, with a powerful humus horizon. Meteorological conditions of 2015–2020 developed favorably for the formation of root crops and the ripening of beet seeds in the dining room, with the exception of the conditions of 2017 and 2018, which affected the timing of plant vegetation, but did not prevent the production of sowing and planting material. As a starting material, 5 varieties of domestic and foreign breeding were used (Bordeaux single-seeded, Modana, Monica, Fortuna and Havskaya single-seeded). Agrotechnical measures were carried out in accordance with the requirements adopted for the Central region of the Non-Black Earth Zone of RF. The cercosporosis assessment was evaluated visually on the five-point scale of N.I. Salunskaya. The content of dry matter in root crops was determined by thermostatic-weight method; sugar content in juice – by the refractometric method; betanine content – by the spectrophotometric method. The level of fertility of seed plants was assessed visually during butonization before flowering. To carry out self-pollination, only plants with a separation level of 99 and 100% were used. Plant insulation was carried out before flowering under individual insulators made of Spanbond nonwoven material with a density of 80 g/m². Two lines from the Monica variety were isolated. The degree of separation at line No1 was 97%, at line No4–90%. These lines are characterized by a rounded shape of the root fruit with a dark red color of the pulp. The root crops of soluble sugars contain 6.6–6.3%, dry matter and betanine – 11.2–12.8% and 133.3–130.8 mg/100 g accordingly.

Key words: beetroot, monogerm, inbreeding, starting material.

For citing: Dolgoplova M.A., Timakova L.N. Creation of the source material of the table beet for breeding for split selection. Potato and vegetables. 2021. No6. Pp. 34–36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.47.98.003> (In Russ.).

расходуется до 25–30% всех затрат, а также снижается норма высева семян на 30–35%.

Раздельноплодный посевной материал свеклы позволяет полностью механизировать производство,

однако создание раздельноплодных сортов и гибридов свеклы – это длительный и трудоемкий процесс, осложняющийся не ясным до конца механизмом наследования этого признака.

Широкое практическое использование и вовлечение раздельноплодных образцов столовой свеклы в селекционный процесс возможны лишь при условии сохранения признака раздельноплодности в потомстве [1, 2, 3, 4].

Цель исследований – создать раздельноплодный исходный материал свеклы столовой с комплексом хозяйственно ценных признаков.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015–2020 годах в отделе селекции и семеноводства ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО.

Полевые опыты закладывали на Центральной части Москворецкой поймы на расстоянии от русла реки – 800–1000 м. Почвы Быковского расширения р. Москвы характеризуются низким уровнем грунтовых вод и поэтому им свойственен поверхностно-атмосферный тип водного режима. Почва аллювиальная, луговая, среднесуглинистая, хорошо окультуренная, с мощным гумусовым горизонтом.

В целом метеорологические условия 2015–2020 годов складывались благоприятно для формирования корнеплодов и созревания семян свеклы столовой. Однако в 2017 и 2018 годах показатели температуры и атмосферных осадков существенно отличались от среднегодовых значений, что повлияло на сроки вегетации растений, но не по-

мешало получить посевной и посадочный материал.

Объект исследований – семена и растения свеклы столовой I и II года жизни. Исходным материалом послужили сорта отечественного (Бордо односемянная, Фортуна, Хавская односемянная) и зарубежного (Модана, Моника) происхождения.

Изучение и описание линий столовой свеклы проводили согласно «Методическим указаниям ВИР по изучению и поддержанию в живом виде мировой коллекции корнеплодов» [5]. Размеры и схемы размещения делянок отвечали требованиям ОСТ 4671–78 [6].

Агротехнические мероприятия выполняли в соответствии с требованиями, принятыми для Центрального региона Нечерноземной зоны РФ.

Семена высевали ручной селекционной сеялкой в третьей декаде мая в зависимости от условий года с нормой посева 500 тыс. шт/га и междурядьями 70 см. Опыт закладывали в двукратной повторности, площадь учетной делянки – 10 м².

Оценку поражения церкоспорозом проводили визуально по пятибалльной шкале Н.И. Салунской [7]:

- 0 – здоровые листья;
- 1 – пятна единичны и занимают менее 25% площади листьев;
- 2 – пятна начинают сливаться и занимать до 25–50% поверхности листьев;
- 3 – некоторые участки начинают отмирать, повреждение занимает до 50–75% поверхности листьев;
- 4 – поражение поверхности листьев достигает 75%, листья начинают погибать.

Уборку проводили вручную. После уборки корнеплоды закладывали на хранение в хранилище с искусственным охлаждением при температуре 1–2 °С и относительной влажности воздуха 95%.

Определение биохимического состава корнеплодов проводили в лаборатории столовых корнеплодов и луков по следующему методикам: содержание сухого вещества – термостатно-весовым методом, содержание сахаров в соке – рефрактометри-

ческим методом, содержание бета-каротина – спектрофотометрическим методом.

Уровень плодности семенных растений оценивали визуально во время бутонизации до начала цветения. Для этого на семенниках подсчитывали плоды/соплодия на десятисантиметровых отрезках главного и двух-трех боковых побегах. Для проведения самоопыления использовали только растения с уровнем раздельноплодности 99 и 100%.

Изоляция растений для самоопыления производили до начала цветения под индивидуальными изоляторами из нетканого материала спанбонд, плотностью 80 г/м². Расстояние между рядами – 70 см. Перед укрытием изоляторами центральный стебель семенного растения прищипывали.

Результаты исследований

В 2015 году было изучено самоопыленное потомство 5 сортов: Бордо односемянная, Модана, Моника, Фортуна и Хавская односемянная. Согласно характеристикам эти сорта имеют высокий уровень раздельноплодности.

Проведенный анализ подтвердил высокую степень раздельноплодности семян анализируемых сортов свеклы столовой (табл. 1). Однако уже после первого самоопыления раздельноплодность резко снизилась (у сортов Модана и Фортуна на 13 и 54% соответственно). При оценке семенных растений строго браковали их по признаку односемянности. Несмотря на это, у сорта Хавская односемянная произошло значительное снижение степени раздельноплодности во втором поколении инбридинга (2017 год).

За пять лет исследований из представленных сортов были выделены две линии (№ 1 и № 4) из сорта Моника с высокой степенью раздельноплодности.

Доля раздельноплодных растений в первом поколении у обеих линий составила 100%, то есть все растения имели одиночные бутоны. Во втором поколении у линий наблюдалось расщепление признака с появлением 10–21% сросстноплодных растений. При последующем самоопылении степень раздельноплодности у линии № 1 составила 97%, у № 4 – 90%.

У выделенных линий после первого самоопыления отмечено снижение семенной продуктивности в 3, 8 и 9 раз соответственно и массы 1000 семян в среднем на 1 г. При последу-



Линия № 1 (слева), линия № 4 (справа)

Таблица 1. Степень раздельноплодности у сортов свеклы столовой по поколениям инбридинга, 2015–2019 годы

Поколение инбридинга	Сорта				
	Бордо односемянная	Модана	Моника	Фортуна	Хавская односемянная
Исходное	100	72	82	96	94
I1 (2015 год)	100	63	100	44	89
I2 (2017 год)	–	77	82	75	27
I3 (2019 год)	–	–	94	57	–

Таблица 2. Хозяйственно ценные признаки образцов, 2020 год

№	Линия	Высота листовой розетки, см	Корнеплод				
			высота, см	диаметр, см	величина головки		индекс формы
					см	% к диаметру	
1	№ 1	41,8	9,5	9,6	6,9	72	1,0
2	№ 4	42,2	9,0	9,2	6,3	68	1,0

ющем самоопылении наблюдалось увеличение продуктивности семенного растения по отношению к первому поколению в 2–3 раза. Масса 1000 семян у линии № 1 осталась на том же уровне, что и в первом поколении, и составила 5,3 г. У линии № 4 этот показатель продолжал снижаться в 2 раза и составил 4,3 г.

Оценку исходного материала проводили по признакам растений первого года вегетации – форме корнеплода, величине его головки, ок-

раске мякоти и ее кольцеватости. По окраске мякоти и сильной степени кольцеватости инбредные линии свеклы столовой из сортов Бордо односемянная и Модана были отбракованы. В результате комплексной оценки исходного материала в дальнейшую селекционную работу были вовлечены линии № 1 и № 4 сорта Моника (табл. 2).

Оценив линии на устойчивость к церкоспорозу в естественных условиях, установили, что линия № 1 устойчива, а линия № 4 слабовоспри-

имчива (средний балл поражения – 1) к этому заболеванию. Высота листовой розетки у линий находилась на уровне 42 см. Форма корнеплода у линий округлая с темно-красной окраской мякоти. По биохимическому составу корнеплодов существенных различий между линиями не отмечено. Содержание растворимых сахаров у линий № 1 и № 4–6,6–6,3%, сухого вещества и бетанина – 11,2–12,8% и 133,3–130,8 мг/100 г соответственно.

Выводы

Таким образом, при создании исходного материала для селекции на раздельноплодность для дальнейшей селекционной работы из 5 сортов было выделено две линии (№ 1 и № 4) из сорта Моника со степенью раздельноплодности 97 и 90% соответственно. При этом линия № 1 оказалась устойчива к церкоспорозу, а линия № 4 – слабовосприимчива. Линии характеризуются округлой формой корнеплода с темно-красной окраской мякоти. Содержание сахаров, сухого вещества и бетанина у линий составило 6,6–6,3%, 11,2–12,8% и 133,3–130,8 мг/100 г соответственно.

Библиографический список

1. Буренин В.И. Генетические ресурсы рода *Beta* L. (Свекла). СПб., 2007. 274 с.
2. Куш А.А. Биологические особенности образцов и исходного материала для селекции односторковой столовой свеклы: дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2005. 90 с.
3. Опимах В.В. Создание селекционного материала свеклы столовой (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *conditiva* Alef.) для условий Беларуси: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Жодино, 2011. 21 с.
4. Соколова Д.В. Создание и оценка самоопыленных линий раздельноплодной столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., ВИР. 2011. 24 с.
5. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов (свекла, репа, турнепс, брюква) / Под ред. Д.Д. Брежнева. Л., 1977. 88 с.
6. ОСТ 4671-78 Делянки и схемы посева в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве овощных культур. Параметры. Дата принятия 01.01.1978 г. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/471826424>. Дата обращения: 21.02.21.
7. Салунская Н.И. Пятнистость листьев, или церкоспороз // Свекловодство. 1959. Т. 3. С. 413–432.

References

1. Burenin V.I. Genetic resources of the genus *Beta* L. (Beet). Saint Petersburg. 2007. 274 p. (In Russ.).
2. Kushch A.A. Biological features of samples and starting material for selection of single-growth table beet: dis. of Cand. Sci. (Agr.). Saint Petersburg. 2005. 90 p. (In Russ.).
3. Opimakh V.V. Creating a selection material for table beets (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *conditiona* Alef.) for the conditions of Belarus: thesis of Cand. Sci. (Agr.). Zhodino. 2011. 21 p. (In Russ.).
4. Sokolova D.V. Creation and evaluation of self-pollinated lines of separate table beets (*Beta vulgaris* L. var. *conditiona* Alef.): thesis of Cand. Sci. (Agr.). Saint Petersburg. VIR. 2011. 24 p. (In Russ.).
5. Guidelines for the study and maintenance of the world collection of root crops (beets, turnips, turnips, rutabagas). Edited by D.D. Brezhnev. Leningrad. 1977. 88 p. (In Russ.).
6. OST 4671-78 Plots and seeding schemes in the selection, variety testing and primary seed production of vegetable crops. Parameters. Date of acceptance 01.01.1978 [Web resources] URL: <https://docs.cntd.ru/document/471826424>. Date of access: 21.02.21. (In Russ.).
7. Salunskaya N.I. Leaf spotting, or cercosporosis. Beet-growing. 1959. Vol. 3. Pp. 413–432 (In Russ.).

Об авторах

Долгополова Мария Анатольевна, канд. с.-х. наук, н.с. отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: dolgopolova.mariya@inbox.ru
 Тимакова Любовь Николаевна, канд. с.-х. наук, с.н.с. отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, селекционер агрофирмы «Поиск». E-mail: ljubovtimakova@rambler.ru

Author details

Dolgopolova M.A., Cand. Sci. (Agr.), research fellow of the department of breeding and seed growing, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC. E-mail: dolgopolova.mariya@inbox.ru
 Timakova L.N., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow of the department of breeding and seed growing, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC, breeder of Poisk Agrofirma. E-mail: ljubovtimakova@rambler.ru

Столовая свекла в овощекартофельных севооборотах на юге Дальнего Востока России

The table beet in vegetable potato crop rotations in the south of the Far East of Russia

Сакара Н.А., Леунов В.И., Тарасова Т.С., Николаев В.А.

Sakara N.A., Leunov V.I., Tarasova T.S., Nikolaev V.A.

Аннотация

Столовая свекла – одна из важных культур в овощных и овощекартофельных севооборотах. Однако однозначных сведений о ее реакции на предшествующие культуры при чередовании нет. Для изучения этого вопроса на Приморской овощной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО был заложен многолетний стационарный опыт с использованием прогрессивного метода «посева всех культур по всем». В первый год каждой из двух закладок, соответственно в 2002 и 2005 годах, были последовательно посеяны овес и соя на зеленое удобрение. На второй год после сидерального пара выращивали картофель (сорт Невский), капусту белокочанную (сорт Вьюга), морковь (сорт Тайфун), столовую свеклу (сорт Бордо 237) и тыкву столовую (сорт Надежда). На третий год по каждой культуре выращивали картофель, капусту белокочанную, морковь, столовую свеклу и тыкву. На четвертый год по этим культурам в качестве завершающих культур выращивали столовую свеклу, картофель и капусту белокочанную. Такое ежегодное наложение культур дало возможность изучить к 2005 и 2008 годам двадцать пять овощекартофельных севооборотов с разной насыщенностью (от 25 до 75%) их овощными растениями и картофелем. Почва опытного участка – лугово-бурая окультуренная, тяжелого механического состава, слабокислая с высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия. Системы обработки почвы, применения удобрений, средств защиты и технологии возделывания овощных культур и картофеля соответствовали рекомендациям Приморской ООС. В годы проведения исследований метеорологические условия в основном соответствовали закономерностям муссонного климата юга Дальнего Востока России. В результате проведенных исследований изучено 25 звеньев овощекартофельных севооборотов. Выявлены наилучшие варианты чередования столовой свеклы и основных овощных культур по урожаям контрольной культуры, завершающей звенья севооборотов (столовая свекла). Выделены лучшие звенья по общему выходу овощной продукции за все годы исследований. Установленная закономерность дает возможность конструировать наиболее удачные звенья и не использовать севообороты с неудовлетворительным чередованием культур, особенно такие, которые начинаются со столовой свеклы и картофеля.

Ключевые слова: Приморье, столовая свекла, картофель, капуста, морковь, тыква, звено севооборота, урожайность, выход продукции.

Для цитирования: Столовая свекла в овощекартофельных севооборотах на юге Дальнего Востока России / Н.А. Сакара, В.И. Леунов, Т.С. Тарасова, В.А. Николаев // Картофель и овощи. 2021. №4. С. 17-21. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.48.98.002>

Столовая свекла зачастую считается культурой высоко-го биологического потенциала, нуждается в рыхлых и плодородных почвах с близкой к нейтральной реакцией среды, хорошо использует последствие органических удобрений, требует хорошей освещен-

ности растений, чувствительна к переувлажнению почвы, достаточно требовательна к предшественнику и отрицательно относится к повторным посевам [1].

Техногенная интенсификация овощеводства при его чрезмерной специализации, концентрации и не-

Abstract

Red beet is one of the most important crops in vegetable and vegetable-potato crop rotations. However, there is no unambiguous information about its reaction to previous cultures during alternation. To explore this question at the Primorye Vegetable Research station – branch of FSCVG was laid many years of inpatient experience using progressive method «planting all crops at all». In the first year of each of the two marker, in 2002 and 2005, respectively, oats and soybeans were sequentially sown for green fertilizer. In the second year after the sideral steam, potatoes (Nevskiy variety), white cabbage (Vyuga variety), carrots (Taifun variety), table beet (Bordo variety 237) and table pumpkin (Nadezhda variety) were grown. In the third year, potatoes, white cabbage, carrots, table beets and pumpkins were grown for each crop. In the fourth year, table beets, potatoes, and white cabbage were grown as the final crops for these crops. Such an annual overlap of crops made it possible to study twenty five vegetable-potatoes crop rotations with different saturation (from 25 to 75%) of their vegetable plants and potatoes by 2005 and 2008. The soil of the experimental site is meadow-brown cultivated, heavy fur composition, slightly acidic with a high content of mobile forms of phosphorus and potassium. The systems of tillage, application of fertilizers, protective equipment, and technology of cultivation of vegetable crops and potatoes were in accordance with the recommendations of the Primorye Vegetable Research Station. In the years of the research, the meteorological conditions mostly corresponded to the patterns of the monsoon climate in the south of the Far East of Russia. As a result of the conducted research, 25 links of vegetable-potatoes crop rotations were studied. The best variants of alternation of table beet and the main vegetable crops on the yields of the control crop that completes the links of crop rotations (red beet) are revealed. The best links in the total yield of vegetable products for all the years of research are highlighted. This makes it possible to design the most successful links and not use crop rotations with unsatisfactory alternation of crops, especially those that start with table beets and potatoes.

Key words: Primorye, table beet, potatoes, cabbage, carrots, pumpkin, crop rotation link, yield, output of products.

For citing: The table beet in vegetable potato crop rotations in the south of the Far East of Russia. N.A. Sakara, V.I. Leunov, T.S. Tarasova, V.A. Nikolaev. 2021. No4. Pp. 17-21. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.48.98.002> (In Russ.).

следований уже к концу 80-х – началу 90-х годов XX века внедрили новую систему земледелия, вобравшую в себя, по определению И.И. Леунова, все лучшее из ранее применявшихся систем без нанесения существенного вреда окружающей среде. По своей сути это был переход от широких зональных систем земледелия к адаптивно-ландшафтным.

Эта работа посвящается видным ученым ВНИИО: И.И. Леунову, В.А. Борисову, С.С. Литвинову, М.Л. Разлукиной, В.А. Башмачниковой, Н.Н. Лилоян и многим другим, внесшим значительный вклад в научное обеспечение овощеводства России по вопросам земледелия. Исследование выполнено с использованием прогрессивного метода ВНИИО для оптимизации чередования столовой свеклы в овощных и овощекартофельных севооборотах.

В большинстве случаев не вызывает вопросов, что лучшие предшественники столовой свеклы – обороты пласта многолетних трав, зерновые, смесь однолетних кормовых и сидеральных культур, огурец, лук репчатый [2]. Однако в отношении поздней капусты белокочанной, тыквы столовой, моркови и картофеля имеются противоречивые данные. Например, в одних литературных источниках тыква, капуста, морковь и картофель признаются лучшими предшественниками [3], в других удовлетворительными и даже плохими [4, 5, 6, 7].

Цель исследований – получить достаточно обоснованные данные об оптимальном размещении столовой свеклы в севооборотах.

Условия, материалы и методы исследований

Стационарный опыт был заложен на опытном поле Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО (ПООС – филиал ФГБНУ ФНЦО) в соответствии с методикой опытного дела в овощеводстве и известными научно-практическими разработками С.С. Литвинова, В.А. Борисова, В.П. Переднева и А.А. Аутко, которые называются методом посева «всех культур по всем», широко применяемом во многих европейских странах. В первый год опыта создается фон из сидерального пара. На второй год, по фону сидерата, в одном направлении закладывают варианты с предшественниками. На третий год высевают и высаживают основные культуры в поперечном направлении. На четвертый год в опыт включают те же культуры, размещая их в продольном направлении.

Это дает возможность изучения звеньев с различным насыщением их ведущими культурами, а также изучения овощных растений в повторных посевах и в чередовании [6–10].

Почва опытного участка – лугово-бурая окультуренная, тяжелого механического состава, слабокислая с высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия [11]. Системы обработки почвы, применения удобрений, средств защиты и технологии возделывания овощных культур и картофеля соответствовали рекомендациям ПООС – филиала ФГБНУ ФНЦО, разработанным для гряд шириной 1,8 м с использованием комплекса машин с шириной захвата 5,4 м и применением трактора МТЗ-82 [12]. Для защиты посадок картофеля от сорняков применяли Зенкор (1,5 кг/га), капусты – Бутизан С (1,5 л/га), посевов моркови – Гезагард (2–3 кг/га) и столовой свеклы Бетанал АМ «Прогресс» (2,5–3 л/га). Повторность четырехкратная. Размер опытных делянок – 116,6 м², учетных – 40–50 м². Показатели урожайности обрабатывали методом дисперсионного анализа [13].

В годы исследований метеорологические условия в основном соответствовали закономерностям муссонного климата юга Дальнего Востока, когда из семи лет исследований пять лет были с избыточным выпадением осадков в июле-августе (от 280 до 414 мм), что было выше нормы в 2002 году в 1,7 раза, в 2005 году – в 1,8 раза, 2006 и 2007 году – в 1,3 раза и 2008 году – в 1,7 раза.

При проведении исследований изучались следующие севообороты: первый – сидеральный пар, капуста белокочанная, морковь, столовая свекла; второй – сидеральный пар, тыква столовая, морковь, картофель.

В первый год на каждой из двух закладок (повторностей), соответственно в 2002 и 2005 годах, последо-

вательно выращивали овес (с апреля по июнь) и сою (с июля по сентябрь) на зеленое удобрение [14]. На второй год после сидерального пара выращивали картофель (сорт Невский), капусту белокочанную (сорт Вьюга), морковь (сорт Тайфун), столовую свеклу (сорт Бордо 237) и тыкву столовую (сорт Надежда). На третий год по каждой культуре выращивали картофель, капусту белокочанную, морковь, столовую свеклу и тыкву. На четвертый год по этим культурам в качестве завершающих культур выращивали столовую свеклу, картофель и капусту белокочанную.

Такое ежегодное наложение культур дало возможность изучить к 2005 и 2008 годам двадцать пять овощекартофельных звеньев севооборотов с разной насыщенностью (от 25 до 75%) их овощными растениями и картофелем.

Результаты исследований

Ко времени начала наших исследований данные относительно лучшего предшественника столовой свеклы в Приморском крае были мало изучены. Результаты опытов показали, что урожайность столовой свеклы в годы исследований была различной и зависела главным образом от погодных условий и предшественника (табл. 1).

Наиболее высокая урожайность была получена при размещении столовой свеклы по тыкве (55,2 т/га), капусте (54,3 т/га) и моркови (52,7 т/га), или на 43,7%, 41,4 и 37,2% соответственно выше по сравнению с вариантом при повторном ее возделывании (худший предшественник). Промежуточное положение по ценности как предшественник занимает картофель, после которого урожайность была на 12,5–19,0% ниже по сравнению с другими культурами.

При этом столовая свекла среди изучаемых культур оказалась наиболее отзывчивой на предшествен-

Таблица 1. Сравнительная оценка влияния предшественников на урожайность овощных культур и картофеля, среднее за 2004-2007 годы

Предшественники	Урожайность культур, т/га				
	столовая свекла	тыква	морковь	капуста	картофель
Столовая свекла	38,4/-	17,1/-	41,9/16,4	42,7/7,5	31,1/2,9
Тыква	55,2/43,7	24,4/42,7	50,9/41,4	50,9/28,2	35,7/18,2
Морковь	52,7/37,2	20,4/19,3	36,0/-	51,5/29,7	36,1/19,5
Капуста	54,3/41,4	23,6/38,0	48,0/33,3	39,7/-	35,0/16,0
Картофель	47,9/24,7	21,5/25,7	39,5/9,7	42,5/7,0	30,2/-
НСР ₀₅	2,8 /20,0	2,1/24,1	2,4/5,7	2,8/6,1	2,5/6,9

Примечание: числитель – урожайность, т/га; знаменатель – прибавка (%) к контролю (худшему предшественнику).

Таблица 2. Влияние предшественников на урожайность столовой свеклы в четвертый год ротации севооборотов в одном варианте чередования культур, среднее за 2004–2007 годы

№ звена севооборота	Предшествующие культуры по годам				Среднее по двум повторностям, т/га	Прибавка	
	1	2	3	4		т/га	%
I	Сидеральный пар	Столовая свекла	Столовая свекла	Столовая свекла	9,3	–	–
II		Капуста			22,9	13,6	146,2
III		Тыква			20,3	11,0	118,3
IV		Морковь			17,0	7,7	82,8
V		Картофель			16,9	7,6	81,7
Среднее по севообороту без контроля					19,3	9,9	
НСР ₀₅					2,1-4,0		
VI	Сидеральный пар	Столовая свекла	Тыква	Столовая свекла	29,4	–	–
VII		Морковь			40,2	10,8	36,7
VIII		Капуста			37,0	7,6	25,8
IX		Тыква			31,8	2,4	8,2
X		Картофель			29,4	0	0
Среднее по севообороту без контроля					34,6		
НСР ₀₅					2,4-4,9		
XI	Сидеральный пар	Столовая свекла	Капуста	Столовая свекла	24,5	–	–
XII		Капуста			34,0	9,5	38,8
XIII		Тыква			33,7	9,2	37,5
XIV		Морковь			32,2	7,7	31,4
XV		Картофель			29,7	5,2	21,4
Среднее по севообороту без контроля					32,4		
НСР ₀₅					1,5-2,4		
XVI	Сидеральный пар	Столовая свекла	Морковь	Столовая свекла	25,1	–	–
XVII		Капуста			34,5	9,4	37,4
XVIII		Тыква			32,9	7,8	31,4
XIX		Морковь			29,5	4,4	17,5
XX		Картофель			28,5	3,4	13,5
Среднее по севообороту без контроля					31,4		
НСР ₀₅					2,4-4,2		
XXI	Сидеральный пар	Столовая свекла	Картофель	Столовая свекла	25,8	–	–
XXII		Тыква			32,6	6,8	26,3
XXIII		Капуста			31,1	5,3	20,5
XXIV		Морковь			28,8	3,0	11,6
XXV		Картофель			26,8	1,0	3,9
Среднее по севообороту без контроля					29,8		
НСР ₀₅					2,0-2,4		

ники. Если в среднем прибавка урожая этой культуры от предшественника составила 36,7%, то этот показатель у тыквы, моркови, капусты и картофеля был ниже: 31,4, 25,2, 18,1 и 14,2% соответственно.

Таким образом, после уборки тыквы, моркови и капусты на лугово-бурых почвах Приморья есть хорошие возможности для получения высоких урожаев свеклы столовой.

Следует отметить, что для правильной оценки любого предшественника необходимо учитывать его

действие на урожайность не только первой, но и последующих культур звена севооборота [6, 7]. Однако до настоящего времени эти вопросы оставались малоизученными для условий Приморского края, а большинство исследователей учитывали только урожайность предшественника и первой, следующей за ним овощной культуры.

Результаты наших исследований по оценке влияния чередования культур в овощекартофельных севооборотах I–XXV на урожайность столовой свеклы представлены в **табл. 2**.

Выращивание столовой свеклы в течение трех лет повторно резко снизило ее урожайность (на 9,3 т/га) по сравнению с вариантами по другим предшественникам. В севооборотах II–V, где на второй год возделывали капусту, тыкву, морковь и картофель, после которых столовую свеклу размещали в течение двух лет, урожайность последней достоверно повышалась по сравнению с трехлетней ее культурой на 7,6–13,6 т/га, или на 81,7–146,2%.

При этом наиболее высокие прибавки урожая столовой свеклы были

Таблица 3. Влияние предпредшественников и предшественников на урожайность столовой свеклы в четвертый год ротации севооборотов (среднее по двум повторностям)

Поле 1, общий фон	Поле 2, предпредшественники	Поле 3, предшественники, т/га					Среднее по предпредшественникам, т/га	НСР ₀₅
		столовая свекла	картофель	морковь	капуста	тыква		
Сидеральный пар	Столовая свекла	9,3	25,8	25,1	24,5	29,4	26,2	2,0
	Картофель	16,9	26,8	28,5	29,7	29,4	28,6	2,5
	Морковь	17,0	28,8	29,5	32,2	40,2	32,7	3,1
	Капуста	22,9	31,1	34,5	34,0	37,0	34,2	3,3
	Тыква	20,3	32,6	32,5	33,7	31,8	32,8	2,8
Среднее по предшественникам		19,3	29,8	31,3	32,4	34,6	30,9	2,0–3,3
НСР ₀₅		2,1	2,0	2,4	2,9	2,4	2,1–2,9	–

по предшественникам: капуста белокочанная (13,6 т/га) и тыква (11,0 т/га). Последствие моркови и картофеля на урожайность этой культуры также было положительным, но более низким, соответственно 7,7 и 7,6 т/га.

При чередовании культур в севооборотах VI–X, где предшественником столовой свеклы была тыква, возделываемая по разным культурам, средняя урожайность ее по всем севооборотам VI–X составила 34,6 т/га, что в 1,5–2 раза выше по сравнению с повторными вариантами. Такое превышение объясняется не только влиянием предшественника тыквы, но и положительным последствием предпредшественников (морковь, капуста, тыква и картофель). При размещении тыквы по моркови и капусте урожайность столовой свеклы составляла соответственно 40,7 и 37,0 т/га, по тыкве и картофелю – значительно ниже, соответственно 31,5 и 29,4 т/га.

В севооборотах XI–XXV, где предшественниками столовой свеклы были капуста, морковь и картофель, размещенные по различным культурам, существенных различий не наблюдалось, средняя урожайность ее по севооборотам составляла соответственно XI–XV – 32,4 т/га, XVI–XX – 31,4 т/га и XXI–XXV – 29,8 т/га.

Поэтому с учетом накопительного эффекта предпредшественников, такие культуры, как капуста, морковь и картофель в качестве предшественников для столовой свеклы сравнительно равнозначны. Однако на фоне отдельных звеньев севооборотов I–XXV их можно выделить как более удачные для реализации высокой урожайности столовой свеклы. Это капуста – капуста (34,0 т/га), тыква – капуста (33,7 т/га) и капуста – морковь (34,5 т/га).

К менее удачным для получения высокой урожайности столовой свеклы можно отнести звенья картофель –

капуста (29,7 т/га), морковь – морковь (29,5 т/га), картофель – морковь (28,5 т/га), морковь – картофель (28,8 т/га) и картофель – картофель (26,8 т/га). Использование картофеля в качестве предшественника для столовой свеклы в большинстве случаев не способствует более полной реализации урожайности столовой свеклы в отличие от тыквы, капусты и моркови.

Анализ отдельных звеньев севооборотов, состоящих из одних и тех же культур, но при различном чередовании показал достоверные различия, на основании которых можно установить для столовой свеклы их более удачные сочетания (табл. 3).

Размещение столовой свеклы по столовой свекле в течение двух-трех лет снижает урожай на 32,9 и 83,7% соответственно. В то же время, если повторные посевы прерывались какой-либо культурой, это повышало урожай в среднем в 1,4 раза. При этом отчетливо проявилась зависимость урожайности для снижения отрицательного действия повторных посевов столовой свеклы лучше использовать тыкву.

Таким образом, для достижения более высокой урожайности столовой свеклы рекомендуется следующее расположение предшественников в порядке убывания их ценности: тыква, капуста и морковь, размещенные по капусте и тыкве.

Кроме этого нами было изучено влияние чередования культур на выход товарной овощной продукции и ее энергосебестоимость в севообороте. Установлено, что за ротацию севооборота наибольший выход товарной продукции составил 136,5 т/га и при его энергосебестоимости 1,01 ГДж/т, в севообороте: сидеральный пар – капуста (54,0 т/га) – морковь (48,0 т/га) – столовая свекла (34,0 т/га). В одном из контрольных севооборотов: сидеральный пар – картофель (28,8 т/га) – картофель (30,2 т/га) – столовая свекла (26,8 т/га), эти показатели равнялись 85,8 т/га (или ниже на 37,2%) и 1,43 ГДж/т (или выше на 41,6%) соответственно.

Выводы

На основании полученных данных можно, в зависимости от конкретного случая конструировать наиболее удачные звенья и не использовать севообороты с неудовлетворительным чередованием культур, особенно такие, которые начинаются со столовой свеклы и картофеля. Повторные посевы свеклы столовой приводят к снижению урожайности до 83,7%. Возделывание в севообороте в качестве предшественников: тыквы, моркови, капусты позволило повысить урожайность свеклы столовой в 1,5–2 раза.

Библиографический список

1. Фирсов И.П. и др. Технология растениеводства. М.: Колос, 2005. 90 с.
2. Введение специализированных севооборотов в интенсивном овощеводстве: рекомендации / М.Л. Разлукина, В.А. Башмачникова, Н.Н. Лилоян, С.С. Литвинов. М.: Россельхозиздат, 1980. 20 с.
3. Справочник агронома-овощевода / под общей редакцией В.А. Брызгалова. М.: Гос. изд.-во с.-х. литературы, 1951. 1047 с.
4. Алексахин В.И., Разлукина М.Л.,

Башмачникова В.А. Предшественники овощных культур в овоще-кормовых севооборотах // Законченные научно-исследовательские работы, рекомендуемые для внедрения в сельскохозяйственное производство. М., 1971. С. 44–48.

5. Быковский В.Я. Освоение севооборотов и подготовка почвы // Овощеводство Дальнего Востока. Хабаровск: Хабаровское книжное изд.-во, 1976. С. 79–93.

6. Литвинов С.С. Научные основы использования земли в овощеводстве. М., 1992. 247 с.

7. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. М., 2008. 776 с.
8. Литвинов С.С. Методика опытного дела в овощеводстве. М.: ФГУП «Типография Россельхозакадемии», 2011. 648 с.
9. Борисов В.А. Комплексная оценка различных систем удобрения в интенсивном овощном севообороте на аллювиальной луговой почве // Агрехимия. 1985. №2. С. 29–36.
10. Переднев В.П., Аутко А.А. Капуста в овоще-кормовых севооборотах // Картофель и овощи. 1981. №12. С. 16–17.
11. Сакара Н.А. Влияние видов пара и систем удобрения на плодородие лугово-бурой почвы в овощном севообороте // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2017. №3(193). С. 38–44.
12. Сидоренко С.П. Совершенствование технологического процесса и обоснование машин для возделывания овощных культур на агрометеорологических грядах в зоне Дальнего Востока // Совершенствование технологий возделывания овощей. М., 1988. С. 50–65.
13. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. М.: Колос, 1973. 336 с.
14. Сакара Н.А. Лучшие предшественники картофеля в овощных севооборотах с сидеральным паром // Картофель и овощи. 2010. №3. С. 17–19.

References

1. Firsov I.P. et al. Technology of crop production. Moscow. Kolos. 2005. 90 p. (In Russ.).
2. Introduction of specialized crop rotations in intensive vegetable growing: recommendations. M.L. Razlukina, V.A. Bashmachnikova, N.N. Lilojan, S.S. Litvinov. Moscow. Rosselhozizdat. 1980. 20 p. (In Russ.).
3. Handbook of agronomist-vegetable grower (under the general editorship of V.A. Bryzgalov). Moscow. State Publishing House of Agricultural Literature. 1951. 1047 p. (In Russ.).
4. Aleksashin V.I., Razlukina M.L.,

- Bashmachnikova V.A. Progenitors of vegetable crops in vegetable-feed crop rotations. Completed research works recommended for introduction into agricultural production. Moscow. 1971. Pp. 44–48 (In Russ.).
5. Bykovskij V.Ya. Development of crop rotations and soil preparation. Vegetable growing of the Far East. Habarovsk. Habarovskoe knizhnoe izd-vo. 1976. Pp. 79–93 (In Russ.).
6. Litvinov S.S. Scientific bases of land use in vegetable growing. Moscow. 1992. 247 p. (In Russ.).
7. Litvinov S.S. Scientific foundations of modern vegetable growing. Moscow. 2008. 776 p. (In Russ.).
8. Litvinov S.S. Methodology of experimental practice in vegetable growing. Moscow. FGUP «Tipografija Rosselhozakademii». 2011. 648 p. (In Russ.).
9. Borisov V.A. Complex assessment of various fertilizer systems in intensive vegetable crop rotation on alluvial meadow soil. Agrochemistry. 1985. No2. Pp. 29–36 (In Russ.).
10. Perednev V.P., Autko A.A. Cabbage in vegetable-fodder crop rotations. Potato and vegetables. 1981. No12. Pp. 16–17 (In Russ.).
11. Sakara N.A. Influence of steam types and fertilizer systems on the fertility of meadow-brown soil in vegetable crop rotation. Far-Eastern branch of the Russian Academy of Sciences bulletin. 2017. No3(193). Pp. 38–44 (In Russ.).
12. Sidorenko S.P. Improvement of the technological process and justification of machines for the cultivation of vegetable crops on agro-reclamation ridges in the Far East zone. Improvement of vegetable cultivation technologies. Moscow. 1988. Pp. 50–65 (In Russ.).
13. Dosphehov B.A. The methodology of the experimental case. Moscow. Kolos. 1973. 336 p. (In Russ.).
14. Sakara N.A. The best potato precursors in vegetable crop rotations with sideral steam. Potato and vegetables. 2010. No3. Pp. 17–19 (In Russ.).

Об авторах

Сакара Николай Андреевич, канд. с.-х. наук, в.н.с., Приморская ООС — филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: nsakara@inbox.ru

Леунов Владимир Иванович, доктор с.-х. наук, профессор кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: vileunov@mail.ru

Тарасова Татьяна Сергеевна, м.н.с., Приморская ООС — филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: yaktakoma79@mail.ru

Николаев Владимир Антонович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и методики опытного дела, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: vnikolaev@rgau-msha.ru

Author details

Sakara N.A., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow, Primorskaya VES—branch of FSBSI FSVC. E-mail: nsakara@inbox.ru

Leunov V.I., D. Sci. (Agr.), professor of department of vegetable growing, RSAU-MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: vileunov@mail.ru

Tarasova T.S., junior research fellow, Primorskaya VES—branch of FSBSI FSVC. E-mail: yaktakoma79@mail.ru

Nikolaev V.A., Cand. Sci. (Agr.), associate professor of department of agriculture and experimental methods, RSAU-MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: vnikolaev@rgau-msha.ru

Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России

Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia

Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В., Приходько Ю.Н., Лозовая Е.Н., Живаева Т.С.

Shneyder Yu.A., Karimova E.V., Prikhodko Yu.N., Lozovaya E.N., Zhivaeva T.S.

Аннотация

Томат – важнейшая овощная культура с ежегодным увеличением объемов его производства во всем мире. В Российской Федерации последние несколько лет активно развиваются предприятия защищенного грунта, специализирующиеся на производстве томатов. Вместе с тем растения томата поражают более 200 различных вредителей и болезней. Возбудители вирусных болезней растений – важный ограничивающий фактор для многих отраслей растениеводства, в том числе овощеводства. В последние годы в европейских странах производство томатов в открытом и защищенном грунте пострадало от серьезных потерь, вызванных, главным образом, вирусными фитопатогенами. В статье представлен обзор трех наиболее опасных вирусов, возбудителей болезней томатов – коричневой морщинистости плодов томата, мозаики пепино, пятнистого увядания томата. Эти вирусы неоднократно были выявлены в целом ряде стран практически на всех континентах и вызвали значительные экономические потери в странах своего распространения. Ввиду очень быстрого распространения и обнаружения опасных вирусов томата в ряде стран, занимающихся производством и дальнейшим экспортом семян и плодов томатов, Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору Российской Федерации (Россельхознадзор) с 27 июля 2020 года ввела в качестве временной карантинной фитосанитарной меры требование об отсутствии этих вирусов в семенах, посадочном материале и плодах растений-хозяев при их ввозе и перемещении по территории Российской Федерации. Результаты анализов фитосанитарного риска, проведенных в ФГБУ «ВНИИКР» в 2020 году, показали, что вирусы коричневой морщинистости плодов томата, мозаики пепино и пятнистого увядания томата соответствуют критериям карантинных для Российской Федерации организмов, вирусы способны проникнуть на территорию страны с подкарантинной продукцией, распространиться и нанести существенный ущерб развитию сельского хозяйства и экономической деятельности страны.

Ключевые слова: томат, вирус, коричневая морщинистость плодов томата, мозаика пепино, пятнистое увядание томата, защита растений.

Для цитирования: Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России / Ю.А. Шнейдер, Е.В. Каримова, Ю.Н. Приходько, Е.Н. Лозовая, Т.С. Живаева // Картофель и овощи. 2021. №6. С. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.93.45.001>

Овощеводство защищенного грунта – одно из ведущих направлений сельского хозяйства в Российской Федерации. Для развития его важнейшей подотрасли, производства томатов, и обеспечения импортозамещения Правительство Российской Федерации вложило более 250 млрд р. [1]. По оценкам специалистов, валовый сбор томатов в 2020 году на

территории РФ составил 560 тыс. т [2].

Растения томата поражают более 200 вредителей и болезней. Сегодня возбудители вирусных заболеваний – это важный ограничивающий фактор для многих отраслей растениеводства, в том числе овощеводства, вызывающий значительные экономические потери. Развитие молекулярно-генетических методов диа-

Abstract

Tomato is the most important vegetable crop with an annual increase in its production worldwide. In the Russian Federation, greenhouse industry specializing in the production of tomatoes have been actively developing over the past few years. At the same time, tomato plants affect more than 200 different pests and diseases. Pathogens of viral diseases of plants are an important limiting factor for many branches of crop production, including vegetable growing. In recent years, in European countries, the production of tomatoes in open field and greenhouses has suffered from serious losses caused mainly by viral phytopathogens. The article presents an overview of the three most dangerous viruses, pathogens of tomato diseases – tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV), pepino mosaic virus (PepMV) and tomato spotted wilt virus (TSWV). These viruses have been repeatedly detected in a number of countries on almost all continents and have caused significant economic losses in the countries of their distribution. In view of the very rapid spread and detection of dangerous tomato viruses in a number of countries engaged in the production and further export of tomato seeds and fruits, Rosselkhoznadzor, from July 27, 2020, introduced as a temporary quarantine phytosanitary measure the requirement that these viruses are not present in seeds, planting material and fruits of host plants when they are imported and moved through the territory of the Russian Federation. The results of the phytosanitary risk analyses conducted at the Federal State Budgetary Institution «VNIICR» in 2020 showed that ToBRFV, PepMV and TSWV meet the criteria of quarantine organisms for the Russian Federation, viruses are able to enter the territory of the country with quarantined products, spread and cause significant damage to the development of agriculture and economic activity of the country.

Key words: tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) pepino mosaic virus, PepMV, tomato spotted wilt virus (TSWV), plant protection.

For citing: Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia. Yu.A. Shneyder, E.V. Karimova, Yu.N. Prikhodko, E.N. Lozovaya, T.S. Zhivaeva. Potato and vegetables. 2021. No6. Pp. 3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.93.45.001> (In Russ.).

гностики позволило выявить новые ранее не описанные в научной литературе вирусы, поражающие томат.

С 27 июля 2020 года Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору Российской Федерации (Россельхознадзор), ввела в качестве временной карантинной фитосанитарной меры требование об отсутствии вирусов коричневой морщинистости плодов томатов

(ToBRFV), мозаики пепино (PerMV) и пятнистого увядания томата (TSW) при ввозе и перемещении по территории Российской Федерации в семенах, рассаде и плодах растений-хозяев указанных вирусов до их включения в Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС, утвержденный Решением Совета евразийской экономической комиссии от 30.11.2016 № 158 [3].

Вирус коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV) относится к роду Tobamovirus.

В 2014 году на юге Израиля была отмечена вспышка нового заболевания, поражающего устойчивые сорта томатов в условиях защищенного грунта. Вирус коричневой морщинистости плодов томата впервые был выделен из растений томата, выращенных в теплицах Иордании в 2015 году [4]. Первое упоминание о вирусе в научной литературе датируется 2016 годом и до появления сведений о вредоносности ToBRFV не регулировался фитосанитарными службами.

ToBRFV – РНК-вирус. Вирион представляет собой жесткие спиральные палочковидные частицы с винтовой симметрией без оболочки, размером 18 × 310 нм.

Сегодня естественные подтвержденные экономически значимые растения-хозяева этого вируса – томаты (*S. lycopersicum*) и разные виды перца *Capsicum* spp. (включая *C. annuum*, *C. chinense* и *C. frutescens*) [1].

Симптомы, вызываемые ToBRFV, на растениях достаточно разнообразны и не являются специфическими. На растениях томата, инфицированных ToBRFV, чаще всего можно наблюдать: хлороз, мозаику, де-



Рис. 1. Пузырчатость и узколистность, вызванные ToBRFV (автор фото Каримова Е.В.)

формацию, игольчатость, пузырчатость, постепенное увядание листьев с последующим пожелтением и гибелью растений; появление коричневых некротических поражений на стеблях чашечках и черешках; на плодах хлоротическую пятнистость, морщинистость, морщанность, деформацию и неравномерное созревание плодов (рис. 1, 2). Семена, зараженные вирусом, не проявляют симптомов.

У томатов идентифицировано три гена длительной устойчивости, которые обеспечивают полную устойчивость к нескольким тобамовирусам. Однако ToBRFV преодолел все эти гены устойчивости. Сегодня доказано, что ни один коммерческий сорт томатов не обладает полной устойчивостью к вирусу коричневой морщинистости плодов томата [4].

Сорта перца, инфицированные ToBRFV, у которых отсутствуют L-гены устойчивости, часто поражаются смешанной инфекцией. У растений перца, содержащих гены устойчивости, при заражении наблюдается реакция гиперчувствительности, которая включает некротические повреждения на корнях и стеблях, что приводит к замедлению роста и дальнейшей гибели растений [1].

ToBRFV имеет высокие патогенность, скорость распространения и за последние несколько лет был выявлен в целом ряде стран практически на всех континентах, где вызвал очень серьезные потери при производстве томатов и перца [5]. Ущерб от вируса коричневой морщинистости плодов томата выражается в уменьшении количества и снижении товарных качеств плодов томата при их производстве, а также гибели зараженных растений. Помимо прямых потерь урожая, экономический ущерб связан с затратами на применение фитосанитарных мероприятий. В некоторых случаях при обнаружении ToBRFV в хозяйствах производители томатов переориентировали производство на растения, не повреждаемые вирусом, но менее прибыльными в экономическом плане [1].

Вирусные частицы ToBRFV чрезвычайно стабильны и передаются механически с растения на растение при с.-х. работах и манипуляциях с растениями, через циркуляцию воды в случае возделывании томатов на гидропонике. ToBRFV способен сохраняться долгое время без потери своей вирулентности вне растения-хозяина на различных инерт-

ных поверхностях, например, картоне, поддонах для овощей, упаковочном материале, инструментах, одежде, транспортных средствах, с.-х. оборудовании и биологических поверхностях, на руках рабочих, остатках растений, насекомых-опылителях, пыльце, а также в растворах питательных сред и почве [6, 7].

По данным EPPO Global Database и Cabi Crop Protection Compendium, главные пути распространения этого вируса – плоды основных растений-хозяев, рассада, семена [5, 8]. Распространение вируса также связано с механическим переносом при помощи человека при агротехнических мероприятиях, перемещении зараженных растений, плодов, контейнеров и тары для перевозки плодов [5].

Инфекционность ToBRFV сохраняется в семенах несколько лет. Было доказано, что даже при низком возможном уровне передачи инфекции от семян к рассаде значение одного зараженного проростка в дальнейшем появлении очага может быть существенным [4].

Ввиду очень быстрого распространения и обнаружения ToBRFV в ряде стран, занимающихся производством и дальнейшим экспортом семян и плодов томатов и перца, Секретариат ЕОКЗР принял решение в 2019 году включить ToBRFV в Сигнальный перечень, в 2020 вирус был включен в список А2. Комиссия Европейского союза установила экстренные меры для предотвращения проникновения и распространения на территории внутри стран ЕС вируса коричневой морщинистости плодов томата, что отражено в новом фитосанитарном законодательстве Европейского союза. Решение



Рис. 2. Деформация и неравномерное созревание плодов томата, зараженного ToBRFV (автор фото Каримова Е.В.)

вступило в силу с 1 ноября 2019 года и будет действовать до 31 марта 2022 года [5].

В 2019 году вирус коричневой морщинистости плодов томата был включен в карантинный перечень (список отсутствующих вредных организмов – A1) Аргентины и Чили [5].

5 июня 2020 года Министерство сельского хозяйства США Служба инспекции животных и растений (APHIS) внесла изменения в ограничения на ввоз томатов (*Solanum lycopersicum*) и перца (*Capsicum* spp.) для потребления из стран распространения вируса; кроме того, посадочный и семенной материал растений-хозяев вируса должен быть свободен от ToBRFV, происходить из свободной зоны производства, на основании отрицательных результатов тестирования [1].

До появления информации о вирусе коричневой морщинистости плодов томата вирус мозаики пегино считался одним из самых вредоносных вирусов для производства томатов в закрытом грунте.

Вирус мозаики пегино – представитель семейства Potexvirus. ПерMV был впервые обнаружен на растениях пегино (*Solanum muricatum*) в Перу в 1980 году. В 1999 году вирус был впервые выявлен на томатах в Нидерландах и с того времени стал стремительно распространяться по всему миру [5].

Сегодня филогенетически выделяют пять штаммов ПерMV, а именно европейский (EU), перуанский (LP), чилийский-2 (CH2) и американский-1 (US1) и штамм PES, идентифицированный на дикорастущих видах растений семейства пасленовые в Перу.

ПерMV – является РНК вирусом. Вирионы представляют собой гибкие

нитевидные частицы размером 12,5 × 510 нм.

Вирус мозаики пегино имеет достаточно широкий круг растений-хозяев. Основными экономически значимыми культурными растениями – хозяевами ПерMV являются томат (*S. lycopersicum*), картофель (*S. tuberosum*), баклажан (*S. melongena*), базилик (*Ocimum basilicum*) и пегино (*S. muricatum*). В последние годы в научной литературе стала появляться информация о восприимчивости к вирусу мозаики пегино растений перца. Доказано, что штамм US1 вызывает на растениях перца системные некротические поражения [5].

Известны случаи заражения ПерMV различных сорных растений, произрастающих около теплиц с инфицированными томатами, таких, как выюнок полевой, выюнок хмелевидный, календула полевая, мальва лесная, мальва мелкоцветковая, мальва многолетняя, мальва незамеченная, марь постенная, осот нежнейший, осот огородный, осот шероховатый, паслен сладко-горький, паслен черный, паслен, подорожник большой, подорожник зайцевогий, хризантема полевая, щирица запрокинутая, щирица зеленая, щирица маскированная [9]. Все эти растения могут играть значительную роль в дальнейшем распространении вируса в зоне, подверженной опасности.

Вредоносность вируса мозаики пегино выражается в снижении общего урожая плодов (уменьшение размеров плодов); значительной потере товарных качеств урожая; снижении рыночной стоимости урожая плодов; замедлении роста и развития растений.

ПерMV может вызывать различные симптомы на растениях томата. Интенсивность проявления симптомов варьирует от незначительных до серьезных в зависимости от агрессивности изолята ПерMV, возраста и сорта томата, а также условий выращивания. Первые симптомы обычно можно наблюдать через 2–3 недели после заражения. Ранние симптомы проявляются на верхних частях пораженных растений в виде образования светло-зеленых тонких или игольчатых листьев и задержки роста, позже наблюдают желтые угловатые пятна, слабый межжилковый хлороз и деформации. На побегах и цветках могут развиваться некрозы, влияющие на развитие цветков и плодов (рис. 3, 4). Сильно пора-

женные растения становятся чахлыми и деформированными [10].

Часто на зараженных растениях томата симптомы отсутствуют, в связи с чем риск распространения вируса с латентно зараженными растениями возрастает. Зараженные семена растений-хозяев также бессимптомные.

На плодах томата в результате заражения ПерMV чаще всего развиваются желто-красные мозаичные узоры, называемые мраморностью, что может привести к неравномерному созреванию плодов. Иногда наблюдается растрескивание плодов, их деформация и некротизация [11].

Сорные растения-хозяева заражаются ПерMV преимущественно в латентной форме.

ПерMV характеризуется способностью длительное время сохранять свою инфекционность в растительных остатках, почве и искусственных почвенных субстратах, в растворах для гидропоники и в поливной воде, на конструкциях теплиц, с.-х. орудиях и инвентаре, одежде и обуви. Доказано, что в соке инфицированных растений томата, нанесенном на различные неорганические поверхности (стекло, алюминий, пластик), вирус сохраняет инфекционность на протяжении пяти недель при относительно невысокой температуре и высокой влажности воздуха [12]. ПерMV – очень контагиозный патоген, легко распространяющийся механически через загрязненные инструменты, обувь, одежду, руки и контакты между растениями [13].

Доказана возможность распространения ПерMV между растениями томатов, выращиваемых в закрытой гидропонной системе. После передачи вируса через зараженный питательный раствор ПерMV был об-



Photo Shneyder Y.

Рис. 3. Плод томата, зараженного ПерMV (автор фото Шнейдер Ю.А.)



Рис. 4. Симптомы ПерMV на растении томата (автор фото Приходько Ю.Н.)

наружен во всех частях растений с помощью методов ОТ-ПЦР с иммунозахватом, классической ОТ-ПЦР, электронной микроскопии и прививки на растения-индикаторы. ПерМV был выявлен в корневой системе через 1–3 недели после инокуляции (вакцинации), а затем быстро распространялся из корней в листья и молодые развивающиеся плоды, где был найден еще через неделю [14, 15].

Главный путь, которым вирус мозаики пепино может проникнуть и распространиться на территории Российской Федерации, – международная торговля семенами томата. Кроме того, ЕОКЗР признает, что зараженные плоды способствуют распространению ПерМV на большие расстояния [5]. Нельзя исключать вероятность того, что семена из плодов, импортируемых для потребления, могут быть в дальнейшем использованы для размножения. Распространение ПерМV также со сточными водами при утилизации инфицированных плодов будет способствовать последующему заражению посадок томата открытого грунта. Не исключена вероятность прорастания семян из выброшенных или частично компостированных плодов (самосев). По информации САВИ, тара и упаковочные материалы, используемые при перемещении плодов, могут быть загрязнены вирусом мозаики пепино, в особенности в случае повреждения плодов, вследствие чего тару необходимо тщательно дезинфицировать [8]. В каждом таком случае инфекция может образовать локальный очаг.

Насекомые-опылители также способствуют распространению вируса мозаики пепино с зараженных растений томата на здоровые [16,

17], а также с зараженных растений томата – на несколько видов сорных растений [9]. Кроме этого, была установлена потенциальная возможность распространения ПерМV почвенным грибом *Olpidium virulentus* [18].

В большинстве проведенных исследований зараженность ПерМV семян томата была низкой. Однако вследствие эффективной механической передачи наличие даже немногочисленных зараженных семян приводит к очень быстрому распространению этого вируса в посадках томата.

Особая опасность для Российской Федерации вируса мозаики пепино связана с тем, что в южных регионах страны томаты и баклажаны выращивают в открытом грунте, откуда, в случае проникновения ПерМV, вирус может распространиться на картофель и другие растения-хозяева открытого грунта.

Сегодня, по данным ЕОКЗР, ПерМV распространен достаточно широко в странах Европы [5]. Одной из причин этого можно назвать отсутствие лабораторного исследования при импорте продукции плодов томата и баклажана.

Благодаря своевременному и строгому применению фитосанитарных мер ряду стран (Норвегия, Словакия, Хорватия, Чехия, Швеция) удалось ликвидировать очаги вируса на своей территории [5].

В 1915 году в Австралии впервые было зарегистрировано заболевание томатов, проявляющееся в виде пятнистого увядания (“spotted wilt”) и бронзовости листьев. Позднее было установлено, что его возбудитель распространяется несколькими видами трипсов. В 1930 году возбудителю было присвоено его нынешнее название – Tomato spotted wilt virus – вирус пятнистого увядания томата, или бронзовости томата [2].

TSWV – РНК-вирус. Вирионы представляют собой сферические частицы диаметром до 100 нм.

TSWV имеет широкий круг растений-хозяев. Согласно одному из обзоров [19], вирус заражает 271 вид из 34 семейств двудольных и 7 семейств однодольных растений. По другой оценке, TSWV способен заражать более 900 видов растений 90 ботанических семейств [20].

Основные растения-хозяевами вируса пятнистого увядания томата – томат (*S. lycopersicum*), разные виды перца *Capsicum* spp, баклажан (*S. melongena*), картофель (*S.*

tuberosum), лук (*Allium cepa*, *Allium porrum*), чеснок (*Allium sativum*), огурец (*Cucumis sativus*), бегония (*Begonia* spp.), георгин (*Dahlia* spp.), гладиолус (*Gladiolus* spp.), герань (*Geranium* spp.), гербера (*Gerbera* spp.), драцена (*Dracaena* spp.), ирис (*Iris* spp.), лилия (*Lilium* spp.), пеларгония (*Pelargonium* spp.), пион (*Peony* spp.), хризантема (*Chrysanthemum* spp.) и другие [5, 8].

Высокое экономическое значение вируса пятнистого увядания томата обусловлено его широкой географической распространенностью, способностью поражать многочисленные виды растений и сложностью борьбы с трипсами-переносчиками [20].

На многих восприимчивых с.-х. культурах вирус пятнистого увядания томата вызывает сильное угнетение роста растений, вплоть до их отмирания, снижение количества и веса плодов. При заражении растений томата на более поздних стадиях их развития верхушки побегов некротизируются, а на плодах развиваются некротические или хлоротические пятна и кольца (рис. 5, 6).

Опустошительные вспышки болезни наблюдались во Франции и Испании на томате и перце в открытом и защищенном грунте; потери урожая на этих культурах могут достигать 100% [21]. На растениях томата открытого грунта в Турции TSWV вызывал потери до 42% урожая и практически полное исчезновение товарных качеств плодов [22].

В Индии этот вирус – наиболее значимый патоген арахиса, вызывающий потери урожая до 80% [21].

В ряде регионов Аргентины, Бразилии, Канады, США, Дании, Италии, Великобритании



Рис. 5. Симптомы TSWV на плодах томатов (автор фото Каримова Е.В.)



Рис. 6. Симптомы TSWV на плодах перцев (автор фото Каримова Е.В.)

и Нидерландов вирус пятнистого увядания томата – наиболее вредоносный вирусный патоген растений [21].

В Европе TSWV наиболее вредоносен для овощных и цветочно-декоративных культур в условиях закрытого грунта, однако на юге континента представляет значительную опасность также и для восприимчивых культур в открытом грунте [21].

Внешние признаки заражения вируса пятнистого увядания томата на разных видах растений могут существенно варьировать и проявляться в виде следующих основных симптомов: хлоротической и некротической кольцевой пятнистости, системного увядания, опадения цветков, стрика, мозаики, крапчатости, линейных рисунков, желтой сетчатости, деформации листовых пластинок и пожелтения жилок листьев. Молодые растения могут нести латентную инфекцию и не проявлять симптомов заболевания.

Большие объемы импорта в Российскую Федерацию растений, посадочного материала и плодов из стран широкого распространения этого вируса, создает угрозу распространения TSWV на территории РФ.

В ранних исследованиях вируса австралийскими учеными [21] было установлено, что TSWV распростра-

няется персистентным способом с помощью трипсов, таких как: западный цветочный (калифорнийский) трипс (*Frankliniella occidentalis*), трипс разноядный (*Frankliniella intonsa*) и табачный трипс (*Thrips tabaci*) [2].

В качестве путей распространения этого вируса следует рассматривать инфицированные растения для посадки или их части в том числе клубни картофеля, луковицы растений рода *Allium* (лук, чеснок), посадочный материал декоративных цветочных культур, комнатные, горшечные растения, например, такие как бальзамин, бегония, герань, гербера, пеларгония, фиалка, фуксия, хризантема, цикламен и многие другие, а также вирофорные особи переносчиков-трипсов.

При исследовании импортной подкарантинной продукции плодов томата на территории Российской Федерации неоднократно были выявлены трипсы-переносчики TSWV. В случае выращивания томатов в теплицах, заселенных трипсами, а также в случае заражения плодов томата вирусом и питания на нем трипса в процессе перемещения, насекомые становятся вирофорными и могут распространить инфекцию на другие растения-хозяева, которые насчитывают более 900 видов,

в чем и состоит основной фитосанитарный риск.

Одна из основных задач фитосанитарной службы – предупредить проникновение и распространение карантинных вредных организмов на территории Российской Федерации.

Анализ фитосанитарного риска (АФР) для описанных выше вирусов были завершены в 2020 году. Результаты АФР показали, что ToBRFV, PepMV, TSWV соответствуют критериям карантинных для Российской Федерации организмов, вирусы способны проникнуть на территорию страны с подкарантинной продукцией, распространиться и нанести существенный ущерб развитию сельского хозяйства и экономической деятельности страны. В связи с чем исследования по совершенствованию методов выявления и идентификации, повышению специфичности и чувствительности тест-систем, проводимые в настоящее время сотрудниками научного подразделения ФГБУ «ВНИИКР», своевременны и очень актуальны. Полученные в ходе исследований результаты будут использованы для разработки и совершенствования методик, которые позволят надежно идентифицировать данные вирусные фитопатогены в рамках лабораторных исследований.

Библиографический список

1. Каримова Е.В., Шнейдер Ю.А. Вирус коричневой морщинистости плодов томата – потенциальная угроза для производства томатов и перца // Фитосанитария. Карантин растений. 2020. №3. С. 7 – 16.
2. Отработка молекулярных методов диагностики вируса пятнистого увядания томата. Живаева Т.С., Лозовая Е.Н, Каримова Е.В., Шнейдер Ю.А., Приходько Ю.Н. (In press.).
3. Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eurasiancommission.org/> (Дата обращения 15.03.2021).
4. Luria N. et al. A New Israeli Tobamovirus Isolate Infects Tomato Plants Harboring Tm-2 Resistance Genes. *PLoS ONE*. 2017. Pp. 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>.
5. Глобальная база данных ЕОКЗР [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int> (Дата обращения 15.03.2021).
6. Detection of tobamoviruses by RT-PCR using a novel pair of degenerate primers. Li Y, Tan G, Lan P, Zhang A, Liu Y, Li R & Li F. *Journal of Virological Methods*. 2018. 259. Pp. 122–128.
7. Smith E. et al. Aspects in tobamovirus management in modern agriculture: Cucumber green mottle mosaic virus. *Acta Horticulture*. 2019. 1257. Pp. 1–8.
8. Справочник по защите растений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabi.org> (Дата обращения 15.03.2021).
9. The potential role of native weed species and bumble bees (*Bombus impatiens*) on the epidemiology of Pepino mosaic virus. Stobbs L.W., Greig N., Weaver S., Shipp L., Ferguson G. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2010. Vol. 31. Pp. 254–261.
10. Methods of diagnostic of Pepino mosaic virus in Russian Federation. Shneider Y., Morozova O., Tikhomirova M.,

Karimova E., Prikhodko Y. Abstracts of the V Int. Symp. on Tomato Diseases: Perspectives and Future Directions in Tomato Protection. Spain. Malaga. 2016. P. 91.

11. Методы диагностики вируса мозаики пегино в Российской Федерации. Шнейдер Ю.А., Морозова О.Н., Каримова Е.В., Смирнова И.П. // Современные подходы и методы в защите растений / Сборник докладов междунар. конференции. Екатеринбург, 2018. С. 101–103.
12. Mumford R.A., Jones R.A.C. Pepino mosaic virus // *CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses*. 2005. Vol. 411. 9 p.
13. Pospieszny H., Borodyno N. New Polish isolate of Pepino mosaic virus highly distinct from European tomato, Peruvian, and US2 strains // *Plant Disease*. 2006. Vol. 90 (8). P. 1106.
14. Survival and transmission of Potato virus Y, Pepino mosaic virus, and Potato spindle tuber viroid in water. Mehle N., Gutiérrez-Aguirre I., Prezelj N., Delić D., Vidic U., Ravnikar M. *Appl. Environ. Microbiol.* 2014. Vol. 80(4). Pp. 1455–1462.
15. Spread and interaction of Pepino mosaic virus (PepMV) and *Pythium aphanidermatum* in a closed nutrient solution recirculation system: effects on tomato growth and yield. Schwarz D., Beuch U., Bandte M., Fakhro A., Büttner C., Obermeier C. *Plant Pathology*. 2010. Vol. 59(3). Pp. 443–452.
16. Vectoring of Pepino mosaic virus by bumble-bees in tomato greenhouses. Shipp J.L., Buitenhuis R., Stobbs L., Wang K., Kim W.S., Ferguson G. *Annals of Applied Biology*. 2008. Vol. 153(2). Pp. 149–155.
17. Hanssen I.M. et al. Seed transmission of Pepino mosaic virus in tomato // *European Journal of Plant Pathology*. 2010. Vol. 126. Pp. 2010–2020.
18. Transmission of Pepino mosaic virus by the Fungal Vector *Olpidium virulentum*. Alfaro-Fernández A., Del Carmen Córdoba-Sellés M., Herrera-Vásquez J., Cebrián M.D.C., Jordá C. // *Journal of Phytopathology*. 2010. Vol. 158.

Рр. 217–226.

19. Edwardson I.R., Christie R.G. Tomato spotted wilt virus // Viruses infecting forage legumes. Florida Agriculture Experiment Stations Monograph Series. 1986. No14. Pp. 563–579.

20. Pappu H.R., Jones R.A.C., Jain R.K. Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead // Virus Research. 2009. Vol. 141. Pp. 219–236.

21. Tomato spotted wilt virus // In: Quarantine pests for Europe. 2nd edition (Ed. by Smith I.M.; McNamara D.G.; Scott P.R.; Holderness M.). CAB INTERNATIONAL, Wallingford (GB). 1996. 420 p.

22. Sevik M.A., Arli-Sokmen M. Estimation of the effect of Tomato spotted wilt virus (TSWV) infection on some yield components of tomato // Phytoparasitica. 2012. Vol. 40. Pp. 87–93.

References

1. Karimova E.V., Shneyder Yu.A. Tomato brown rugose fruit virus is a potential threat to the production of tomatoes and peppers. Phytosanitary. Plant quarantine. 2020. No3. Pp. 7–16. (In Russ.).

2. Development of molecular methods for diagnostics of tomato spotted wilt virus. Zhivaeva T.S., Lozovaya E.N., Karimova E.V., Shneider Yu.A., Prikhodko Yu.N. (In press.).

3. Eurasian Economic Commission [Web resource]. Access mode: <http://www.eurasiancommission.org/> Access date: 03.15.2021. (In Russ.).

4. Luria N. et al. A New Israeli Tobamovirus Isolate Infects Tomato Plants Harboring Tm-2 Resistance Genes. PLoS ONE. 2017. Pp. 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>.

5. EPPO Global database [Web resource]. Access mode: <https://gd.eppo.int> (date of access 03/15/2021). (In Russ.).

6. Detection of tobamoviruses by RT-PCR using a novel pair of degenerate primers. Li Y, Tan G, Lan P, Zhang A, Liu Y, Li R & Li F. Journal of Virological Methods. 2018. 259. Pp. 122–128.

7. Aspects in tobamovirus management in modern agriculture: Cucumber green mottle mosaic virus. Smith E, Luria N, Reingold V, Frenkel O, Koren A, Klein E, Bekelman H & Lachman. Acta Horticulturae. 2019. Vol. 1257. Pp. 1–8.

8. Crop protection compendium [Web resource]. Access mode: <https://www.cabi.org> Access date 03.15.2021. (In Russ.).

9. The potential role of native weed species and bumble bees (Bombus impatiens) on the epidemiology of Pepino mosaic virus. Stobbs L.W., Greig N., Weaver S., Shipp L., Ferguson G. Canadian Journal of Plant Pathology. 2010. Vol. 31. Pp. 254–261.

10. Methods of diagnostic of Pepino mosaic virus in Russian

Federation. Shneider Y., Morozova O., Tikhomirova M., Karimova E., Prikhodko Y. Abstracts of the V Int. Symp. on Tomato Diseases: Perspectives and Future Directions in Tomato Protection. Spain, Malaga. 2016. P. 91.

11. Methods for diagnosing the pepino mosaic virus in the Russian Federation. Shneyder Yu.A., Morozova O.N., Karimova E.V., Smirnova I.P. Modern approaches and methods in plant protection. Collection of reports of the international conference. Yekaterinburg. 2018. Pp. 101–103. (In Russ.).

12. Mumford R.A., Jones R.A.C. Pepino mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. 2005. Vol. 411. 9 p.

13. Pospieszny H., Borodynko N. New Polish isolate of Pepino mosaic virus highly distinct from European tomato, Peruvian, and US2 strains. Plant Disease. 2006. Vol. 90(8). P. 1106.

14. Survival and transmission of Potato virus Y, Pepino mosaic virus, and Potato spindle tuber viroid in water. Mehle N., Gutiérrez-Aguirre I., Prezelj N., Delić D., Vidic U., Ravnikar M. Appl. Environ. Microbiol. 2014. Vol. 80(4). Pp. 1455–1462.

15. Spread and interaction of Pepino mosaic virus (PepMV) and Pythium aphanidermatum in a closed nutrient solution recirculation system: effects on tomato growth and yield. Schwarz D., Beuch U., Bandte M., Fakhro A., Büttner C., Obermeier C. Plant Pathology. 2010. Vol. 59(3). Pp. 443–452.

16. Vectoring of Pepino mosaic virus by bumble-bees in tomato greenhouses. Shipp J.L., Buitenhuis R., Stobbs L., Wang K., Kim W.S., Ferguson G. Annals of Applied Biology. 2008. Vol. 153(2). Pp. 149–155.

17. Hanssen I.M. et al. Seed transmission of Pepino mosaic virus in tomato. European Journal of Plant Pathology. 2010. Vol. 126. Pp. 2010–2020.

18. Transmission of Pepino mosaic virus by the Fungal Vector *Olipidium virulentus*. Alfaro-Fernández A., Del Carmen Córdoba-Sellés M., Herrera-Vásquez J., Cebrián M.D.C., Jordá C. Journal of Phytopathology. 2010. Vol. 158. Pp. 217–226.

19. Edwardson I.R., Christie R.G. Tomato spotted wilt virus. Viruses infecting forage legumes. Florida Agriculture Experiment Stations Monograph Series. 1986. No14. Pp. 563–579.

20. Pappu H.R., Jones R.A.C., Jain R.K. Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. Virus Research. 2009. Vol. 141. Pp. 219–236.

21. Tomato spotted wilt virus. In: Quarantine pests for Europe. 2nd edition (Ed. by Smith I.M.; McNamara D.G.; Scott P.R.; Holderness M.). CAB INTERNATIONAL. Wallingford (GB). 1996. 420.

22. Sevik M.A., Arli-Sokmen M. Estimation of the effect of Tomato spotted wilt virus (TSWV) infection on some yield components of tomato. Phytoparasitica. 2012. Vol. 40. Pp. 87–93.

Об авторах

Шнейдер Юрий Андреевич, канд. биол. наук, и.о. зам. директора, начальник научно-методического и экспериментального центра, с.н.с. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1520. E-mail: yury.shneyder@mail.ru

Каримова Елена Владимировна, канд. биол. наук, с.н.с. научно-методического отдела вирусологии и бактериологии. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1709. E-mail: elenavkar@mail.ru

Приходько Юрий Николаевич, канд. с.-х. наук, в.н.с. научно-методического отдела вирусологии и бактериологии. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1701. E-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

Лозова Евгения Николаевна, н.с. отдела аспирантуры ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», р.п. Быково, Россия. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1885. E-mail: evgeniyaf@mail.ru

Живаева Татьяна Степановна, н.с. научно-методического отдела вирусологии и бактериологии. Тел.: +7 (499) 707-22-27, доп. 1704. E-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»

Author details

Shneyder Y.A., Cand. Sci. (Biol.), acting deputy director, head of the scientific, methodological and experimental centre, senior research fellow. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1520. E-mail: yury.shneyder@mail.ru

Karimova E.V., Cand. Sci. (Biol.), senior research fellow of scientific and methodological department of virology and bacteriology. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1709. E-mail: elenavkar@mail.ru

Prikhodko Yu.N., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow, Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1701. E-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

Lozovaya E.N., research fellow, Postgraduate Studies Department, Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1885. E-mail: evgeniyaf@mail.ru

Zhivaeva T.S., research fellow, Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology. Phone: +7 (499) 707-22-27, ad. 1704. E-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

All-Russian Center for Plant Quarantine

Повреждаемость клубней картофеля проволочниками в зависимости от агроэкологических условий

Damaging of potato tubers by wireworms depending on agro-ecological conditions

Фасулати С.Р., Иванова О.В.

Аннотация

Среди многоядных почвообитающих насекомых клубням картофеля серьезно вредят проволочники – личинки жуков семейства щелкунов (Coleoptera, Elateridae). В Северо-Западном регионе России и в Ленинградской области клубни картофеля чаще всего повреждают личинки щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* L., пилоусого *Actenicerus sjaelandicus* Mull., блестящего *Selatosomus aeneus* L. и черного *Athous niger* L. Наиболее массовый и вредоносный из них – щелкун посевной полосатый *A. lineatus*. Доля личинок этого вида на некоторых полях в окрестностях Санкт-Петербурга достигает 85–100%. В 2009–2020 годах мы изучали ряд вопросов экологии и пищевой специализации преимущественно его личинок на опытных полях Всероссийского НИИ защиты растений (г. Санкт-Петербург и Ленинградская область). По нашим данным, на пищевое поведение проволочников и на степень поврежденности ими клубней в посадках картофеля в качестве основных агроэкологических факторов влияют особенности выращиваемых сортов, а также растения-предшественники в севообороте и режим увлажнения почвы в его сезонной динамике. Основной критерий оценки сортов картофеля на устойчивость к проволочникам – доля поврежденных клубней (%) в урожае каждого сорта с опытного участка. За годы исследований получены сведения о сравнительной повреждаемости проволочниками 36 сортов картофеля, которые оценивали не менее трех раз в разных экологических условиях. По совокупным данным изучения в 2009–2020 годах, устойчивы к проволочникам сорта Гусар, Наяда и Сиреневый туман, а по предварительным данным оценки в 2019–2020 годах – также сорта Аксения, Балтик Роуз, Дельфине, Импала, Манifest, Палац, Ред Фантази, Розара и Эстрелла. Такие сорта могут служить экологической основой систем интегрированной защиты картофеля в тех зонах его возделывания, где проволочники имеют преобладающее вредоносное значение среди насекомых-вредителей этой культуры.

Ключевые слова: картофель, клубень, проволочник, поврежденность, сорт, устойчивость.

Для цитирования: Фасулати С.Р., Иванова О.В. Повреждаемость клубней картофеля проволочниками в зависимости от агроэкологических условий // Картофель и овощи. 2021. №5. С. 21–25. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.33.31.003>

Картофель в основных зонах его возделывания серьезно повреждают, помимо наиболее опасных специализированных вредителей пасленовых культур (колорадский жук, картофельная моль, 28-пятнистая коровка-эпиляхна), также некоторые многоядные фитофаги. В первую очередь это проволочники – личинки жуков семейства щелкунов (Coleoptera, Elateridae).

Их вредоносность в последние годы возрастает во многих регионах России, включая Северо-Запад и все Нечерноземье, где распространено большинство массовых растительноядных и миксотрофных видов щелкунов из числа приуроченных к лесо-луговым биогеоценозам и являющихся относительно гигрофильными. Так, в Ленинградской области, по данным многолетних наблю-

дений, клубни картофеля чаще всего повреждают личинки щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* L., блестящего *Selatosomus aeneus* L., черного *Athous niger* L. и пилоусого *Actenicerus sjaelandicus* Mull. (**рис. 1, 2**), из которых наиболее стабильно преобладает по численности щелкун посевной полосатый. При скрытом образе жизни личинок щелкунов применение против них инсектицидов и

Fasulati S.R., Ivanova O.V.

Abstract

The larvae of Click beetles i.e. the “wireworms” (Coleoptera, Elateridae) are the significant pests of potato tubers among the polyphagous soil-habitat insects. In the Northern-Western Area of Russia and in Leningrad Region, the potato tubers had most often damaged by larvae of the *Agriotes lineatus* L., of *Actenicerus sjaelandicus* Mull., of *Selatosomus aeneus* L. and of *Athous niger* L. click beetles species. Among them, the most numbering and dangerous species is the *Agriotes lineatus* L. The part of its larvae could be consist about 85–100 % on some potato plantations around the St.-Petersburg. In 2009–2020 we researched some aspects of ecology and of feeding specialization previously of its larvae on the experimental fields of the All-Russian Research Institute for Plant Protection (St.-Petersburg and Leningrad Region). On our data, the main agro-ecological factors which influence to the feeding behavior of wireworms on potato plantations and to the level of tubers damaging, are the peculiarities of growing potato varieties, and also the plants-precursors in a crop rotation and the soil humidity regime in its seasonal dynamics. The main criteria of the evaluation of potato varieties for resistance to wireworms is the percent of damaged tubers in the yield of each variety from the such experimental plot. During the period of researches we described the information about the comparative damaging by wireworms of 36 potato varieties which was evaluated at least 3 times in different ecological conditions. According to the total data of the researching in 2009–2020, the potato varieties Gusar, Nayada and Sirenevyy Tuman are resistant to wireworms, and according to the preliminary data in 2019–2020 – also the varieties Axenia, Baltic Rose, Delphine, Impala, Manifest, Palaz, Red Fantasy, Rosara and Estrella. Such varieties may be used as ecological basis of systems of integrated potato protection in agricultural zones where the wireworms has a previously damaging value among the potato insect pests.

Key words: potato, tuber, wireworm, damaging, variety, resistance.

For citing: Fasulati S.R., Ivanova O.V. Damaging of potato tubers by wireworms depending on agro-ecological conditions. Potato and vegetables. 2021. No5. Pp. 21–25. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.33.31.003> (In Russ.).

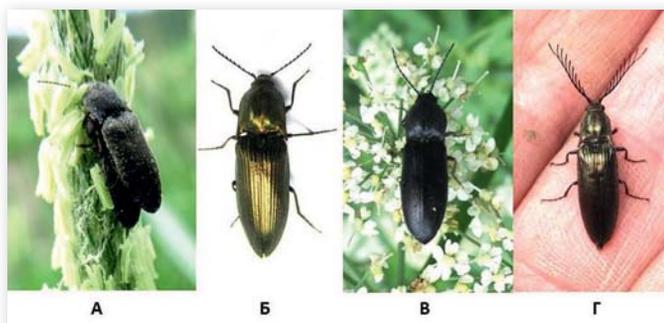


Рис. 1. Имаго жуков-щелкунов – вредителей картофеля на Северо-Западе РФ: А – щелкун посевной полосатый, спаривающиеся жуки на тимфеевке; Б – щелкун блестящий; В – щелкун черный; Г – щелкун пилоусый. Фото авторов (ориг.)

микробиопрепаратов затруднено и в основном ограничено обработкой семенных клубней и борозд неоникотиноидными препаратами перед посадкой картофеля [1, 2, 3, 4]. Исходя из этого, в защите картофеля от проволочников возрастает роль нехимических мероприятий, включающих различные традиционные агротехнические приемы (в том числе дистанцирование посадок картофеля от лесных массивов), применение феромонов и возделывание слабо повреждаемых сортов картофеля [2, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Однако сравнительная эффективность ряда этих мер изучена недостаточно. В связи с этим целью

проводили в 2009–2020 годах в полевых условиях на базе лаборатории с.-х. энтомологии ВИЗР (Санкт-Петербург, г. Пушкин) и филиала ВИЗР «Тосненская опытная станция защиты растений» (ТОСЗР) в с. Ушаки Тосненского района Ленинградской области. Основным энтомологическим объектом были личинки щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* L., доля которых на названных полях, по нашим наблюдениям, достигает 85–100% всех обнаруживаемых особей. Имаго этого вида в июне – начале июля часто концентрируются на колосьях тимфеевки и

наших исследований являлось изучение вопросов избирательности проволочников в различных агроэкологических условиях с одновременным выявлением сортов картофеля, слабо повреждаемых этими насекомыми.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2009–2020 годах в полевых условиях на базе лаборатории с.-х. энтомологии ВИЗР (Санкт-Петербург, г. Пушкин) и филиала ВИЗР «Тосненская опытная станция защиты растений» (ТОСЗР) в с. Ушаки Тосненского района Ленинградской области. Основным энтомологическим объектом были личинки щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* L., доля которых на названных полях, по нашим наблюдениям, достигает 85–100% всех обнаруживаемых особей. Имаго этого вида в июне – начале июля часто концентрируются на колосьях тимфеевки и

других мятликовых растений по обочинам полей (рис. 1).

Оценку повреждаемости клубней разных сортов картофеля проводили путем ежегодной закладки полевых опытов по методике ВИЗР [6, 7]. Агроэкологические условия, влияющие на численность проволочников и характер заселенности ими посадок картофеля в связи с адаптивными особенностями щелкунов и их личинок согласно данным литературы [1, 2, 4, 5, 10], на полях института были следующими:

- на опытном поле ВИЗР почва супесчаная, pH 5,5–5,8, удаленность поля от ближайших пейзажных парков городов Пушкина и Павловска более 3 км, однако с обилием древесно-кустарниковой растительности и лугового разнотравья вблизи опытного поля; клубни изучаемых сортов картофеля высаживали вручную в борозды четырехрядными деланками по 24 куста и коллекционными однорядными деланками по 6 кустов;
- на опытных полях ТОСЗР почва среднесуглинистая, pH 4,6–6,1; удаленность от лесных массивов 50–200 м; картофель высаживали в гребни механизированно или вручную в зависимости от размера деланок сортов: коллекционные – по 6 кустов, массивы основных сортов – по 100–300 м².

Таблица 1. Повреждаемость клубней проволочниками в зависимости от увлажнения почвы и размещения посадок картофеля в севообороте культур, 2009–2020 годы

Год	Сумма осадков за июнь – август, мм *	Влажность пахотного слоя почвы в июле – августе	Количество изученных сортов	Предшественник в севообороте	Повреждено проволочниками, % **	
					средняя ± ошибка	пределы
Опытное поле ВИЗР (г. Пушкин)						
2009	125,0	пониженная	39	пар	30,1 ± 2,7	0,0 – 66,7
2011	138,4	пониженная	33	картофель	25,8 ± 2,5	6,7 – 66,7
2015	176,2	оптимальная	21	пар	20,2 ± 6,6	2,2 – 53,3
2016	377,1	избыточная	гибель растений от физиологического удушья			
2017	216,7	избыточная	23	картофель	единичные повреждения	
2018	100,3	пониженная	21	пшеница яровая	3,5 ± 0,7	0,0 – 11,1
2019	70,1	пониженная	54	картофель	7,3 ± 0,8	0,0 – 23,3
2020	193,4	оптимальная	39	картофель	7,1 ± 1,0	0,0 – 19,4
В среднем за годы исследований					15,7 ± 4,2	0,0 – 66,7
Поля ТОСЗР (с. Ушаки)						
2015	176,2	оптимальная	10	картофель	13,8 ± 6,9	2,2 – 28,9
2016	377,1	избыточная	6	картофель	18,7 ± 4,7	8,9 – 24,5
2017	216,7	избыточная	6	пласт многолетних трав	35,6 ± 2,1	30,0 – 45,0
2018	100,3	пониженная	3		38,7 ± 8,2	16,7 – 52,9
2019	70,1	пониженная	24	капуста пекинская	5,0 ± 0,8	0,0 – 17,2
2020	193,4	оптимальная	35	кабачок	8,9 ± 1,2	0,0 – 29,4
В среднем за годы исследований					20,1 ± 5,2	0,0 – 52,9

* Данные метеостанции ВИР (г. Пушкин). Климатическая норма: 190,7 мм
 ** Для показателя среднего % поврежденных клубней НСР = 9,5 при P < 0,05

Таблица 2. Характеристики устойчивости 36 возделываемых и перспективных сортов картофеля к проволочникам по совокупным результатам многократной оценки в различных экологических условиях

Сорт картофеля и год его включения в Госреестр	Число вариантов оценки сорта					Итоговый ранг среди 36 сортов	Градация степени устойчивости
	всего (100%)	доля вариантов с показателем поврежденности сорта, %					
		низким	средним	высоким			
Характеристики сортов по результатам многолетней оценки (2009-2020 годы)							
Наяда	2004	11	72,7	27,3	0	3	устойчивые
Сиреневый Туман	2011	7	57,1	28,6	14,3	7	
Гусар	2017	5	40,0	40,0	20,0	11	
Алый Парус	*	7	28,6	57,1	14,3	13	средне- и слабо-устойчивые
Рябинушка	2007	9	33,3	33,3	33,3	14-15	
Лига	2007	11	36,4	18,1	45,5	16	
Ред Скарлетт	2000	7	28,6	42,8	28,6	19-20	
Удача	1994	10	10,0	70,0	20,0	21	
Елизавета	1996	13	30,8	30,7	38,5	22	
Памяти Осиповой	2005	6	0	83,3	16,7	23	
Чародей	2000	16	18,8	43,7	37,5	24	неустойчивые
Ломоносовский	2011	8	12,5	37,5	50,0	31	
Аврора	2006	11	18,2	18,2	63,6	32	
Невский	1982	14	7,1	28,6	64,3	33	
Майский Цветок	2016	6	0	50,0	50,0	34-36	
Предварительные характеристики сортов, впервые изучавшихся в 2019-2020 годах							
Дельфине	2011	3	100,0	0	0	1-2	устойчивые
Ред Фантази	2011	3	100,0	0	0	1-2	
Манифест	2014	3	66,7	33,3	0	4	
Импала	1995	4	50,0	50,0	0	5-6	
Эстрелла	2011	4	50,0	50,0	0	5-6	
Балтик Роуз	2019	3	33,3	66,7	0	8-10	
Палац	**	3	33,3	66,7	0	8-10	
Розара	1996	3	33,3	66,7	0	8-10	
Аксения	2015	4	50,0	25,0	25,0	12	
Лабадия	2010	6	33,3	33,3	33,3	14-15	
Капризе	2014	3	0	100,0	0	17-18	средне- и слабо-устойчивые
Тайфун	**	3	0	100,0	0	17-18	
Гала	2008	4	25,0	50,0	25,0	19-20	неустойчивые
Бриз	2009	3	33,3	0	66,7	25-26	
Джувел	-	3	33,3	0	66,7	25-26	
Эволюшен	2015	4	0	75,0	25,0	27	
Гармония	-	4	25,0	25,0	50,0	28	
Крепыш	2005	3	0	66,7	33,3	29-30	
Фиделия	2014	3	0	66,7	33,3	29-30	
Королева Анна	2015	4	0	50,0	50,0	34-36	
Метеор	2013	4	0	50,0	50,0	34-36	

* Сорт *Алый Парус* включен в Госреестр Республики Казахстан

** Сорта *Палац* и *Тайфун* включены в Госреестр Республики Беларусь

Растения-предшественники картофеля в севооборотах культур на опытных полях, а также условия естественного увлажнения почвы различались по годам проведения исследований и описаны в **табл. 1**.

Во всех вариантах опытов ежегодно при уборке урожая отбирали пробы клубней каждого сорта, которые анализировали по трем биологическим показателям, используемым в качестве критериев оценки степени

повреждаемости сортов: 1) доля (%) клубней с повреждениями; 2) общее количество червоточин в равных пробах клубней; 3) среднее число червоточин на один поврежденный клубень [6]. Отбор проб проводили с учетом



Рис. 2. Проволочники в природных условиях: А – личинка щелкуна посевного полосатого; Б – она же на поврежденном клубне; В – личинка щелкуна блестящего. Фото авторов (ориг.)

размера опытных участков. С делянок размером по 6–24 куста клубни анализировали путем их полного перебора, кроме самых мелких диаметром менее 20 мм. С участков основных сортов площадью по 100–300 м² на полях ТОСЗР отбирали четыре пробы по 25–40 клубней в различных точках массива.

Для индикации устойчивых к проволочникам сортов картофеля результаты опытов обрабатывали способом «суммы рангов» по методикам ВИЗР [6, 11]. Он позволяет выделять три градации устойчивости в группе одновременно изучаемых сортов путем их ранжирования по нескольким независимым биологическим показателям поврежденности растений. Практический опыт работы, в том числе зарубежный [8], показывает, что применительно к картофелю и проволочникам нередко достаточно использовать один наиболее информативный критерий: доля поврежденных клубней (%) в урожае каждого сорта на данном участке.

Результаты исследований

Результаты наших исследований подтверждают данные литературы о значительном влиянии растенно-предшественников (т.е. размещения посадок картофеля в севообороте культур) на заселенность полей личинками щелкунов и на общий уровень поврежденности ими клубней. Так, во всех случаях размещения опытных посадок картофеля по пару или по пласту многолетних трав численность вредителей и, соответственно, общая средняя доля поврежденных ими клубней были существенно выше, чем на тех же полях в годы высаживания картофеля по кар-

тофелю или после зерновых и других культур, т.е. на участках, значительно менее засоренных пыреем ползучим и другими видами корневищных злаков (табл. 1).

Условия увлажнения почвы также имеют существенное значение. Однако они влияют прежде всего на поведенческие реакции и миграционную активность проволочников и должны рассматриваться в контексте сезонной динамики гидротермического режима.

По нашим данным, он определяет специфику миграций личинок между почвенными горизонтами и сроки преимущественного повреждения ими клубней картофеля [7]. Показано, что, несмотря на распространенную характеристику личинок щелкунов как гигрофильных насекомых, избыточная влажность почвы для них также не оптимальна, и в годы с суммой осадков в летние месяцы выше климатических норм для Северо-Западного региона (табл. 1) она вызывает миграцию личинок в менее увлажненные почвенные слои. В таких условиях закономерна преимущественная локализация личинок в гребнях пахотного слоя почвы (при соответствующем способе посадки картофеля) вплоть до окончания уборки урожая клубней, что наблюдалось на поле ТОСЗР в 2017 году.

Что касается других внешних факторов среды, то тип почвы, ее кислотность и способ посадки картофеля (за исключением лет с избыточной суммой осадков) в значительной степени влияют на распространение проволочников на полях. Об этом свидетельствует недостоверность различий среднего значения процента поврежденных клубней на полях ВИЗР и ТОСЗР в целом за все годы исследований (табл. 1). Очевидно, малозначимо также расстояние от лесных или парковых массивов до посадок картофеля, если условия ближайшего биотического окружения полей обеспечивают постоянное обитание популяций тех или иных вредоносных видов щелкунов.

С другой стороны, результаты многолетних исследований показали, что при непосредственном выборе проволочниками клубней картофеля в качестве корма в фактическом местообитании этих вредителей наибольшее значение имеют свойства сорта выращиваемой культуры (рис. 3) как важнейшего агроэкологического фактора [12]. На это указывают широкие пределы варьирования показателя доли поврежденных клубней (%) на делянках разных сортов в полевых опытах разных лет (табл. 1). Расчет статистических параметров данного показателя [6, 11] позволяет выделить группы сортов с высокой, средней и низкой степенью (градацией) поврежденности клубней в любом полевом опыте, независимо от уровня естественного фона численности проволочников.

При экологическом подходе результаты оценки одного и того же сорта картофеля на повреждаемость проволочниками могут не совпадать в методически однотипных независимых опытах, проведенных в различных условиях вегетации картофеля. Однако по результатам многократной оценки выявляются сорта, значительно чаще других относимые к группе (градации) слабо поврежденных по сравнению с другими. Очевидно, что такие сорта являются устойчивыми к личинкам щелкунов благодаря тем или иным генетическим признакам растений картофеля, определяющим низкий уровень аттрактивности либо репеллентности их клубней для данных вредителей.

Считается, что для объективной характеристики устойчивости сорта любой культуры к тому или иному вредителю необходима не менее чем



Рис. 3. Пример пищевой избирательности проволочников: предпочтение личинками клубней сорта Невский по сравнению с сортами Сиреневый Туман (розовый) и Наяда в одном из экспериментов. Фото авторов (ориг.)

трехкратная экологическая оценка сорта в условиях разных лет или полей [11]. Учет этого требования позволяет нам к настоящему времени выделить из числа 36 наиболее подробно изученных возделываемых и перспективных сортов картофеля следующие сорта, устойчивые к проволочникам:

- по результатам многолетней оценки 2009–2020 годов – сорта Гусар, Наяда и Сиреневый туман (**табл. 2, часть 1**);

- по результатам трех-четырёхкратной оценки сортов, впервые изученных в 2019–2020 годах – Аксения, Балтик Роуз, Дельфине, Импала, Манifest, Палац, Ред Фантази, Розара и Эстрелла (**табл. 2, часть 2**);

2). Выводы

При непосредственном выборе личинками щелкунов источников корма на посадках картофеля основное значение имеют сортовые особенности клубней. Из других экологических факторов на степень заселенности посадок картофеля проволочниками и на общий уровень поврежденности клубней наиболее существенно влияют растения-предшественники и условия увлажнения почвы с учетом сезонной динамики гидротермического режима. Влияние таких факторов, как тип и кислотность почвы, способ посадки картофеля и удаленность полей

от лесных массивов, гораздо менее значимо.

По результатам многократной оценки в разных экологических условиях, выделены слабо повреждаемые, т.е. устойчивые к проволочникам сорта картофеля Гусар, Наяда, Сиреневый туман, Аксения, Балтик Роуз, Дельфине, Импала, Манifest, Палац, Ред Фантази, Розара и Эстрелла. Такие сорта могут служить экологической основой систем интегрированной защиты картофеля в тех зонах его возделывания, где проволочники имеют для него преобладающее вредоносное значение по сравнению с другими видами насекомых – фитофагов этой культуры.

Библиографический список

References

1. Волгарёв С.А. Эколого-токсикологическое обоснование использования новых инсектицидов против проволочников в агроценозе картофеля в Северо-Западном регионе РФ: автореф. дис.... канд. биол. наук. СПб.: ВИЗР, 2005. 19 с.
2. Еланский С.Н. (ред.). Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофелевод, 2009. 270 с.
3. Система интегрированной защиты посадок репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации. СПб.: ВИЗР, 2016. 64 с.
4. Джорданенго Ф., Венсан Ш., Алехин А. (ред.) Насекомые – вредители картофеля. Мировые перспективы биологии и управления. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 605 с.
5. Бобинская С.Г., Григорьева Т.Г., Персин С.А. Проволочники и меры борьбы с ними. Л.: Колос, 1965. 223 с.
6. Иванова О.В., Фасулати С.Р. Многоядные вредители пасленовых культур и устойчивость сортов картофеля к проволочникам // Защита картофеля. 2016. №1. С. 29–34.
7. Фасулати С.Р., Иванова О.В. Сезонная динамика активности проволочников и повреждаемости ими клубней различных сортов картофеля на Северо-Западе России в условиях дефицита влаги // Вестник защиты растений. 2020. Т. 103. №4. С. 255–261.
8. Evaluation of various potato cultivars for resistance to wireworms (Coleoptera: Elateridae). Kwon M., Hahn Y.I., Shin K.Y., Ahn Y.J. Amer. J. Potato Res. 1999. Vol. 76. №5. Pp. 317–319.
9. Wireworm biology and nonchemical management in potatoes in the Pacific Northwest. Andrews N., Ambrosino M., Fisher G., Rondon S.I. Publication PNW 607. Oregon State University. Corvallis. OR: 2008.
10. Черепанов А.И. Жуки-щелкуны Западной Сибири. Новосибирск: АН СССР, Западно-Сибирский филиал, 1957. 382 с.
11. Шапиро И.Д. (ред.). Методические рекомендации по оценке устойчивости картофеля и кукурузы к главнейшим вредителям. Л.: ВИЗР, 1980. 138 с.
12. Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем. Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., Фасулати С.Р. СПб.: Родные просторы. 2013. 184 с.

1. Volgarjov S.A. The ecologotoxical substantiation of using of new insecticides against the wireworms in potato agrocenosis in the Northern-Western Region of the Russian Federation. Avtoref. cand. diss. Saint Peterburg. VIZR. 2005. 19 p. (In Russ.).
2. Yelanskiy S.N. (Ed.) The protection of Potato from diseases, pests and herbs. Moscow. Kartofelevod. 2009. 270 p. (In Russ.).
3. The system of integrated protection of plantations of the reproductive seed potato from the complex of pest organisms in the Northern-Western Region of Russian Federation. Coll. of authors. Saint Peterburg. VIZR. 2016. 64 p. (In Russ.).
4. Giordanengo Ph., Vincent Ch., Alyokhin A. (Eds.) Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management. Moscow. KMK. 2018. 605 p.
5. Bobinskaya S.G., Grigorjeva T.G., Persin S.A. The wireworms and the fight measurements against them. Leningrad. Kolos. 1965. 223 p. (In Russ.).
6. Ivanova O.V., Fasulati S.R. The polyphagous pests of solanaceous crops and the resistance of potato varieties to wireworms. Zashchita kartofelya. 2016. No1. Pp. 29–34. (In Russ.).
7. Fasulati S.R., Ivanova O.V. The seasonal dynamics of wireworm activity and damage of the different potato varieties in the Northwest of Russia. Vestnik zashchity rasteniy. 2020. V.103. No4. Pp. 255–261. (In Russ.).
8. Evaluation of various potato cultivars for resistance to wireworms (Coleoptera: Elateridae). Kwon M., Hahn Y.I., Shin K.Y., Ahn Y.J. Amer. J. Potato Res. 1999. Vol.76. No5. Pp. 317–319.
9. Wireworm biology and nonchemical management in potatoes in the Pacific Northwest. Andrews N., Ambrosino M., Fisher G., Rondon S.I. Publication PNW 607. Oregon State University. Corvallis. OR: 2008.
10. Cherepanov A.I. The Click beetles of the Western Siberia. Novosibirsk. AN SSSR, Zapadno-Sibirskiy filial. 1957. 382 p. (In Russ.).
11. Shapiro I.D. (Ed.) The methodical recommendations for the evaluation of the potato and the maize for resistance to main pests (1980). Leningrad. VIZR. 138 p. (In Russ.).
12. The phytosanitary destabilization of agroecosystems. Pavlyushin V.A., Vilкова N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I., Fasulati S.R. Saint Peterburg. Rodnye prostory. 2013. 184 p. (In Russ.).

Об авторах

Authors details

Фасулати Сергей Радиевич (ответственный за переписку), канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории с.-х. энтомологии Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР). E-mail: fasulatiser.spb@mail.ru
 Иванова Ольга Вениаминовна, канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории с.-х. энтомологии Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР)

Fasulati S.R., Cand. Sci (Biol.), senior research fellow, lab. of agricultural entomology, All-Russian Research Institute for Plant Protection (VIZR). E-mail: fasulatiser.spb@mail.ru
 Ivanova O.V., Cand. Sci (Biol.), senior research fellow, lab. of agricultural entomology, All-Russian Research Institute for Plant Protection (VIZR)

Биологизация системы защиты томата в защищенном грунте

Biologization of tomato protection system in greenhouses

Поддымкина Л.М., Бовыкина Н.В., Дорожкина Л.А.,
Ларина Г.Е.

Poddymkina L.M., Bovykina N.V., Dorozhkina L.A., Larina
G.E.

Аннотация

Abstract

При выращивании томата в блочных теплицах комбината «Тепличный» (г. Владимир) в летне-осеннем обороте с использованием капельного полива дана оценка эффективности борьбы с белокрылкой и паутинным клещом химическим и биологическим методами. Для снижения численности белокрылки использованы следующие инсектициды: Моспилан (ацетамиприд, 20 г/кг), норма расхода 1,5 кг/га; Пленум (пиметрозин, 500 г/кг), 0,5 кг/га; Мовенто Энерджи (спиротетрамат + имидаклоприд), две обработки по 0,7 л/га; против паутинного клеща проведены три обработки Фитовермом (аверсектин С), 3 л/га. В биологической защите для подавления тепличной белокрылки и паутинного клеща применяли выпуск агентов биологической борьбы: в первой схеме макролофуса и фитосейюлюса и во второй – энкарзии и фитосейюлюса. Выпуск энкарзии проведен четыре раза, из расчета 1,5 экз/лист (трехкратный выпуск) и 1 экз/лист (однократный выпуск). Заселение растений хищным клопом макролофус проведено два раза из расчета 10000 экз/га. Хищного клеща фитосейюлюса размещали локально в очаги скопления паутинного клеща (500 экз/га). Биологическую эффективность пестицидов и хищных насекомых оценивали по численности вредных объектов до обработки и через 3, 5 и 7 суток после обработки по общепринятым методикам. Против болезней во всех схемах защиты использовали для подавления корневых гнилей Планриз, 5 л/га и Превикур Энерджи (пропамокарб + фосэтил), 3 л/га, от фитофтороза и альтернариоза – Ордан (хлорокись меди + цимоксанил), 2,5 кг/га, Квадрис (азоксистробин), 1,2 л/га. Результаты учета численности вредителей до и после обработки показали, что биологическая эффективность использования хищных насекомых против белокрылки составляет 90–95% и против паутинного клеща – 78–80%, а инсектицидов – 76%. Эффективность биометода в борьбе с белокрылкой и клещом была выше, чем инсектицидов химической природы. Использование хищных насекомых позволило снизить объем применения пестицидов на 12,4 кг/га и увеличить сбор плодов на 18 и 9%. Прибыль от применения макролофуса и фитосейюлюса составила 1,278 млн р. и от энкарзии и фитосейюлюса – 0,615 млн р.

Assessment of the efficiency of controlling greenhouse whiteflies and spider mites with chemical and biological methods is given when using drip irrigation while growing tomatoes in block greenhouses of the «Teplichny» greenhouse complex (Vladimir) in summer-autumn. To control whiteflies, the following insecticides were used: Mospilan (acetamiprid, 20 g/kg), consumption rate 1.5 kg/ha, Plenum (pymetrozin, 500 g/kg), 0.5 kg/ha, Movento Energy (spirotetramat + imidacloprid), two treatments at 0.7 l/ha; 3 treatments with Phytoverm (aversectin C), 3 l/ha were carried out for spider mites. Within biological control, predatory and parasitic insects and mites were used to suppress greenhouse whiteflies and spider mites: first macrolophus and phytoseiulus, and then encarsia and phytoseiulus. Encarsia was used 4 times: at the rate of 1.5 spec/leaf (3 times) and 1 spec/leaf – fourth time. Plants were colonized by the predatory bug macrolophus twice at the rate of 10000 spec/ha. Predatory mite phytoseiulus was placed locally in the spider mite infestation (500 spec/ha). The biological efficiency of pesticides and predatory insects was assessed by the number of harmful objects before the treatment and 3, 5 and 7 days after it according to generally accepted methods. In all protection schemes for disease control the following was used: Planriz, 5 l/ha and Previcur energy (propamocarb + fosethyl), 3 l/ha to suppress root rot; Ordan (copper oxychloride + cymoxanil), 2.5 kg/ha, Quadris (azoxystrobin), 1.2 l/ha to suppress phytophthora and alternaria. The results of counting the pest number before and after the treatment showed that the biological efficiency of using predatory insects for whiteflies was 90–95%, for spider mites – 78–80%, and 76% when using insecticides. Thus, the biological method efficiency of controlling whiteflies and spider mites was higher than that of chemical insecticides. Predatory insects made it possible to reduce the amount of pesticide application by 12.4 kg/ha and increase the harvest by 18 and 9%. The profit from the use of macrolophus and phytoseiulus amounted to 1.278 million rubles and from encarsia and phytoseiulus – 0.615 million rubles.

Ключевые слова: томат, пестициды, макролофус, энкарзия, фитосейюлюс, урожайность, эффективность, теплица, биоагент.

Key words: tomato, pesticides, macrolophus, encarsia, phytoseiulus, harvest, efficiency, greenhouse, bioagent.

Для цитирования: Биологизация системы защиты томата в защищенном грунте / Л.М. Поддымкина, Н.В. Бовыкина, Л.А. Дорожкина, Г.Е. Ларина // Картофель и овощи. 2021. №4. С. 22-25. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.51.71.003>

For citing: Biologization of tomato protection system in greenhouses. L.M. Poddymkina, N.V. Bovykina, L.A. Dorozhkina, G.E. Larina. Potato and vegetables. 2021. No4. Pp. 22-25. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.51.71.003> (In Russ.).

Тенденция в сторону роста объемов производства томатов сохраняется последние семь лет [1]. Существенный вред этой овощной культуре наносит тепличная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* и обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* [2]. Для снижения пестицидной нагрузки и загрязнения продукции используют хищных насекомых, биопрепа-

раты, регуляторы роста, комплексные удобрения с ростостимулирующими и фунгицидными свойствами [3].

Цель исследования – оценить эффективность методов подавления экономически значимых вредителей (белокрылка, паутинный клещ) при производстве томатов в условиях блочных теплиц.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проведены на базе ГУП комбинат «Тепличный» (г. Владимир) в зимних блочных теплицах площадью 0,32 га. Растения томата (индетерминантный среднеранний гибрид F₁ Розарио) выращивали по малообъемной технологии с использованием капельного полива в 2018–2019 годах (июнь – сентябрь).

Растения выращивали по стандартным методикам в кассетах фирмы Grodan по 240 ячеек. Плотность посадки составила 9 шт/м². На 15 сутки пересадили сеянцы в субстрат из минеральной ваты, на 28 сутки высадили рассаду томата в фазе 6–7 настоящих листьев на постоянное место (плотность 6 растений на 1 мат). Для опыления растений использовали шмелей в количестве 3 шмелиных семьи на всю площадь теплиц [4].

Система защиты культуры томата от грибных и бактериальных заболеваний включала препараты Планриз, Превикур Энерджи, Ордан, Квадрис в стандартных дозировках.

Для профилактики вирусных заболеваний растения обработали 0,03%-ным раствором фармайода до посадки на постоянное место.

Были выявлены следующие вредители томата: тепличная белокрылка (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch), совка-гамма (*Autographa gamma* (L.)). Изучили эффективность нижеследующих систем подавления вредителей на томате в защищенном грунте:

- химический метод (ХЗР) против тепличной белокрылки – Моспилан (ацетомиприд, 200 г/кг) в дозе 1,5 кг/га, Пленум (пиметрозин, 500 г/кг) в дозе 0,5 кг/га, Мовенто Энерджи (спиротетрамат, 120 г/л + имидаклоприд, 120 г/л) в дозе 0,7 л/га;
- ХЗР против паутинного клеща – Фитоверм (аверсектин С, 10 г/л) в дозе 3 л/га;
- биологический метод (БЗР) Ia против тепличной белокрылки – желтые

клеевые ловушки из расчета 20 ловушек на 0,32 га, которые заменяли каждые 2–3 недели, а также хищный клоп макролофус (*Macrolophus caliginosus* Wagner) в дозе 10000 экз/га;

- БЗР Ib против паутинного клеща – хищный клещ фитосейулюс (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) в дозе 500 экз/га;

- БЗР IIa против тепличной белокрылки – наездник энкарзия (*Encarsia formosa* Gahan) из расчета 1 особь на 1 м²;

- БЗР IIб против обыкновенного паутинного клеща – хищный клещ фитосейулюс в дозе 500 экз/га.

Выпуск энкарзии производили при превышении ЭПВ тепличной белокрылки (10 экз/лист). Выпуск энтомофага производили в норме 0,5–1,5 экз/м². Хищный клоп макролофус относится к многоядным хищным клопам-слюнякам, его выпуск на растения томата производили на следующий день после высадки культуры на постоянное место. Выпуск хищного клеща фитосейулюса производили локально в очаги расселения паутинных клещей в соотношении хищник: жертва – 1:10.

Урожай томатов собирали каждые три дня. При учете валового сбора всю полученную продукцию делили на четыре категории согласно требованиям ТР ТС 021/2011 Закона РФ №29-ФЗ от 02.01.2000 «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

Математическая обработка – методом дисперсионного анализа. Оценка экономической эффективности – согласно рекомендациям ВИЗР [5].

Результаты исследований

В целом динамика роста численности хищного клопа макролофуса и тепличной белокрылки отличалась постепенным увеличением (рис. 1). Достижение пика роста вредителей наблюдалось для белокрылки на 68 сутки (2018 год) – 13,2 экз/лист и на 50 сутки (2019 год) – 21,5 экз/лист; паутинного клеща на 102 сутки (2018 год) – 38,4 экз/лист и 46 сутки (2019 год) – 25,3 экз/лист.

На 68 сутки (опыт 2018 года) провели опрыскивание Моспиланом при норме расхода 1,5 кг/га при численности белокрылки 13,2 экз/лист, т.е. при превышении ЭПВ в 1,3 раза. Через 5 суток после обработки численность вредителя снизилась до 3,87 экз/лист. Биологическая эффективность инсектицида против белокрылки составила 70,6%. Наблюдался волнообразный рост численности вредителя, и на 102 сутки ее количество достигло 15,94 экз/лист. Для ее подавления использовали инсектицид Пленум в норме расхода 0,5 кг/га. В результате обработки численность вредителя на 109 сутки снизилась до 4,96 экз/лист, а затем она начала возрастать и на 116 сутки достигла 8,25 экз/лист. Таким образом, срок защитного действия препарата Пленум составил 14 дней, а биологическая эффективность второй обработки равнялась 68,9%.

Во второй год испытаний при численности белокрылки 21,5 экз/лист на 50 сутки опыта провели опрыскивание Мовенто Энерджи в норме расхода 0,7 л/га. Сокращение численности вредителя через неделю достигло уровня 5,02 экз/лист, а биологи-

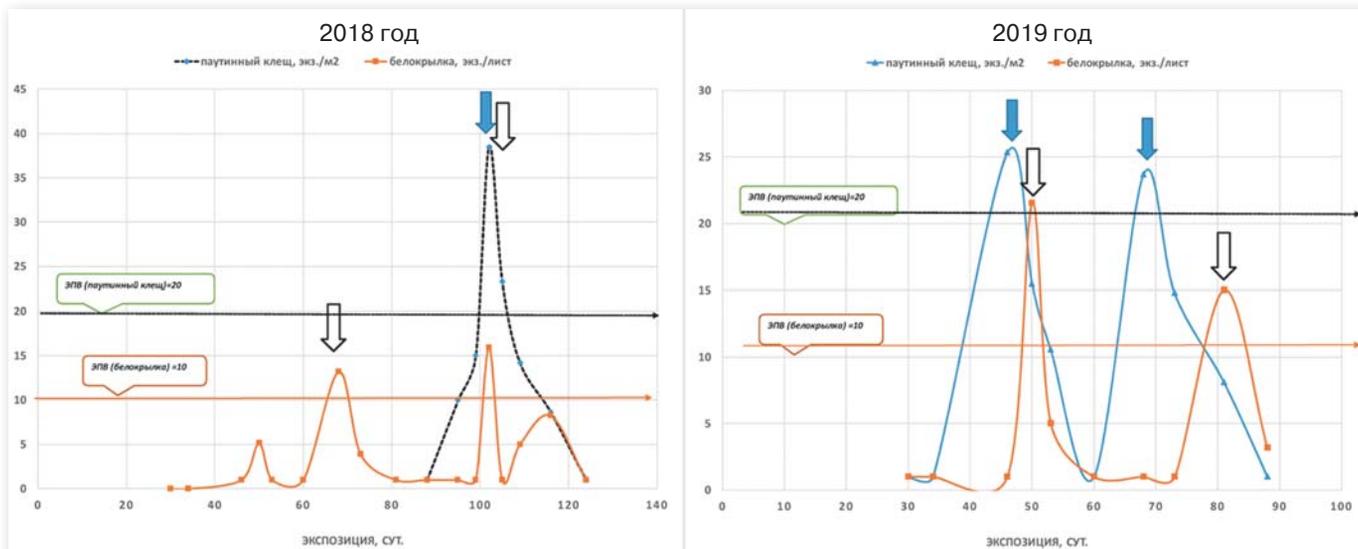


Рис. 1. Динамика численности вредителей на томате в защищенном грунте: стрелками указаны сроки проведения химической защиты растений от белокрылки (белая стрелка) и паутинного клеща (синяя стрелка)

ческая эффективность препарата составила 76,7%. Повторная обработка Мовенто Энерджи (0,7 л/га) проведена на 80 сутки при численности белокрылки 15,0 экз/лист. Через неделю численность белокрылки снизилась до 3,17 экз/лист и не превышала ЭПВ до конца сбора урожая томатов (167 сутки). Биологическая эффективность химической обработки составила 78,9%.

В результате в технологии выращивания томатов в защищенном грунте применили двукратную обработку инсектицидами с шагом 28–34 суток, что позволило сдерживать численность белокрылки на уровне ЭПВ. Биологическая эффективность от инсектицидов против тепличной белокрылки составила 70–79% при пестицидной нагрузке, равной 1,4–2,0 кг/га.

Численность паутинного клеща впервые превысила ЭПВ, равный 20 экз/лист на 102 сутки опыта. Применение 1–2 химических обработок инсектицидами с шагом 21 сутки позволило сдерживать численность вредителя, биологическая эффективность составила 71–81% при пестицидной нагрузке, равной 3–6 кг/га.

Прием биологизации системы защиты томата заключается в использовании биоагентов – хищного клопа макролофуса (МК), наездника энкарзии (ЭФ) и хищного клеща фитосейулюса (ФП). Нарастание численности хищника идет постепенно, его размножение поддерживается дополнительным питанием и поэтому его заселяют раньше, чем вредитель достигнет уровня ЭПВ равного 10 экз/лист (рис. 2).

В системе защиты по методу Ia одновременно с увеличением численности хищного клопа наблюдалось нарастание численности белокрылки (5,8–9,4 экз/лист), который использует белокрылку в качестве корма. В первый год испытаний

переломный момент наступил на 60 сутки опыта (32 сутки роста хищника), и в последующие дни наблюдалось существенное снижение количества вредителя. По мере исчезновения белокрылки численность МФ также снижалась.

Во второй год исследований на 68 сутки опыта количество хищных насекомых составило 5,11 экз/м², а белокрылки – 12,84 экз/лист. Затем на 81–88 сутки их численность практически выровнялась и составила 3,35±0,55 экз/м² и 4,8±1,5 экз/лист соответственно. В дальнейшем наблюдалось неуклонное снижение численности белокрылки, и на 105 сутки она была менее 1,0 экз/лист.

В системе защиты по методу IIa для подавления белокрылки использовали энкарзию, первый выпуск которой был проведен на 60 сутки опыта (32 сутки роста хищника) из расчета 1,5 экз/м² при численности белокрылки 10,4 экз/лист. В течение первых трех недель размножение ЭФ шло медленно и отставало от размножения белокрылки (рис. 3). На второй год испытаний максимум тепличной белокрылки пришелся на 68 сутки. Хищник был выпущен на 34 сутки опыта и его численность на 60–73 сутки составила 2,4–5,2 экз/м². В дальнейшем отмечено активное снижение численности вредителя до конца опыта.

Эффективность фитосейулюса характеризовалась высокими значениями и составила на 3–7 сутки первого применения (102 сутки опыта при плотности паутинного клеща 38,5 экз/лист) 52–94%. Во второй год опыта волна заселения растений томата паутинным клещом пришлась на 68 сутки, и численность достигла 25,3 экз/лист. Выпуск фитосейулюса произвели сразу же после того, как вредитель был обнаружен, на 3–7 сутки после колонизации фи-

тосейулюсом численность паутинного клеща резко снизилась, и биологическая эффективность составила 56–91%. Следующая волна роста вредителя в 2019 году пришлась на 95 сутки, численность паутинного клеща достигла уровня ЭПВ. Это позволяет говорить об эффективной борьбе фитосейулюса с таким вредителем, как паутинный клещ, но он неспособен подавить численность популяции вредителя полностью.

Наиболее эффективным было применение фитосейулюса на фоне макролофуса. Так, выпуск хищного клеща фитосейулюса на фоне применения хищного клопа макролофуса обеспечивал 100%-ную защиту растений томата от паутинного клеща в течение 5–7 суток после колонизации. Высокая эффективность применяемого биоагента обусловлена наличием в данном варианте исследования хищного клопа макролофуса, который при отсутствии либо небольшой численности тепличной белокрылки способен питаться паутинным клещом, предпочитая личинки и нимфы вредителя. Низкая эффективность препарата на основе д.в. аверсектин С может быть связана с тем, что этот инсектицид, действуя на нервную систему вредителя, не оказывает овицидного действия в отношении паутинного клеща. По величине биологической эффективности лучшим вариантом для защиты культуры томата в защищенном грунте стал вариант совместного применения хищного клопа макролофуса с акарифагом фитосейулюсом.

Минимальный сбор плодов (46,2 т) получен при пестицидной технологии (средства химической защиты растений), что на 9–18% меньше, чем в биологической системе защиты растений. Применение в системе защиты биоагентов – I (клоп макролофус + клещ фитосейулюс) и II биологическая сис-

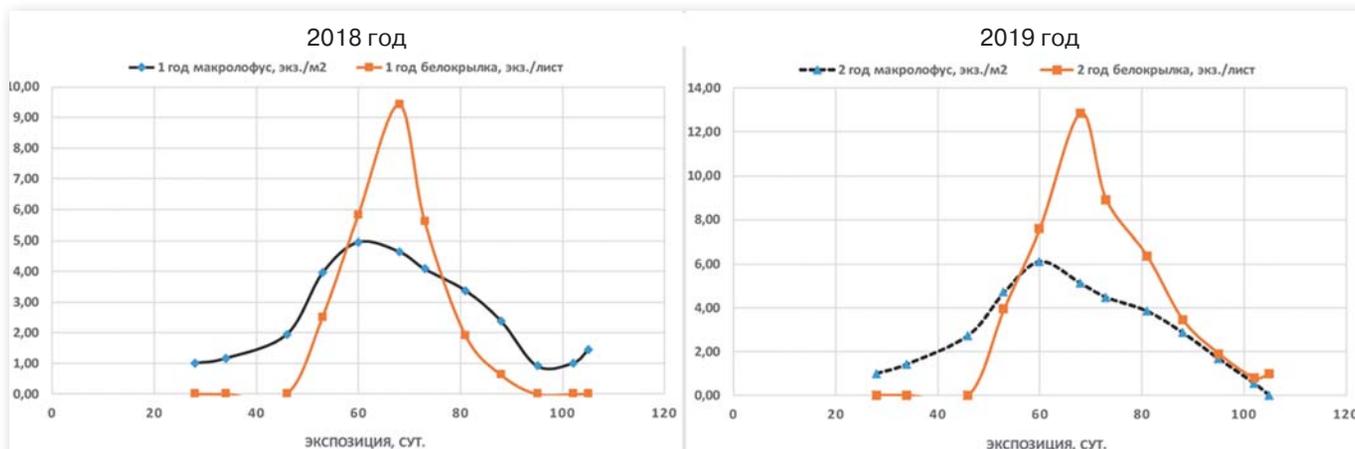


Рис. 2. Динамика численности биоагента – клопа макролофуса и тепличной белокрылки

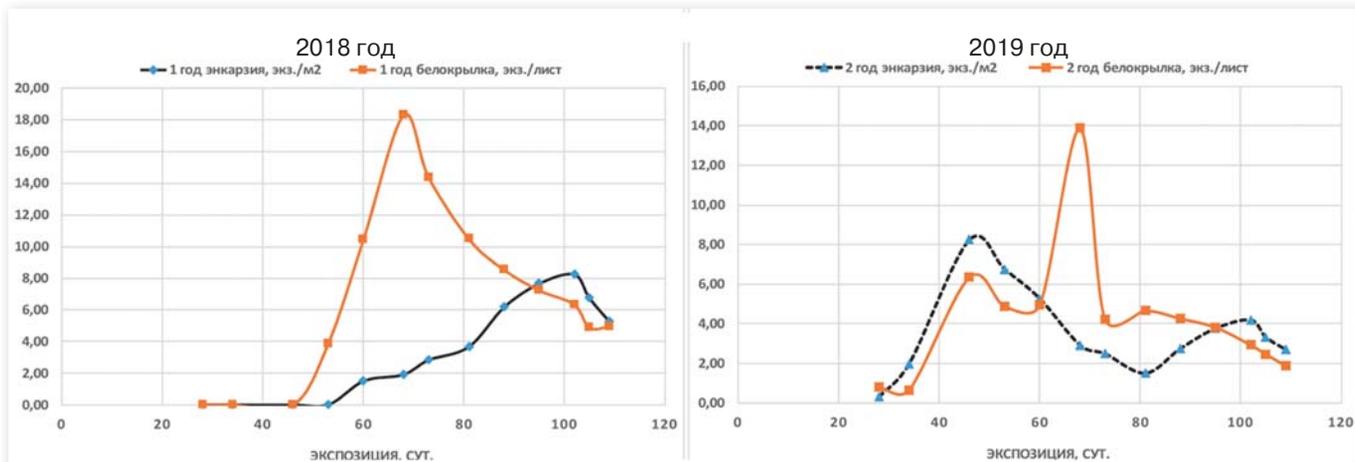


Рис. 3. Динамика численности биоагента – наездника энкарзии и тепличной белокрылки

тема защиты растений (наездник энкарзия + клещ фитосейулюс) позволило получить урожай, равный 50–54 т за севооборот. Различия в соотношении разных классов полученной продукции на вариантах опыта были сопоставимы, но различия в объеме полученного урожая позволяют говорить о скрытом фитотоксическом действии химических средств защиты на культуру.

Замена химических инсектицидов на хищных насекомых позволила получить прибыль от прибавки урожая 0,62–1,28 млн р. за 2020 год. Рентабельность

производства продукции возросла с 79 до 95 (110)%, где 79% – вариант без средств защиты, вариант с применением энкарзии и фитосейулюса – 95%, а вариант с применением макролофуса и фитосейулюса – 110%.

Выводы

Опрыскивание инсектицидом химической природы на основе д.в. аверсектин С (в дозе 10 г/л) сдерживало численность паутинного клеща на 71–81%. Применение хищного клопа макролофуса обеспечило 100%-ную защиту растений томата от паутинного кле-

ща, а использование приема колонизации хищным клещом фитосейулюсом – 52–94% в течение 5–7 суток после колонизации. И в этом случае исключены остаточные количества химических пестицидов в плодах томата, и главное, гарантировано получение экологически чистой продукции. Замена химических инсектицидов на биологических агентов (хищные насекомые) позволила увеличить рентабельность тепличного производства томатов с 79 до 110%, то есть с применением макролофуса и фитосейулюса.

Библиографический список

References

1. Рынок тепличных овощей (огурцы, помидоры) – ключевые тенденции [Электронный ресурс] URL: <http://www.ab-centre.ru>. Дата обращения: 21.08.20.
2. Гришечкина Л.Д. Проблемы защиты овощных культур от болезней в теплицах // Защита и карантин растений. 2011. №2. С. 16–18.
3. Динамика разложения пропамокарба гидрохлорида при применении препарата Превикур Энерджи на растениях томата / Л.М. Поддымкина, Г.Е. Ларина, А.В. Калинин, Х. Мохамад // Земледелие. 2019. №4. С. 44–47.
4. Гиш А.Р. Современная практика использования медоносных пчел и шмелей для опыления овощных культур: учеб. пособие. М.: Лань, 2018. 100 с.
5. Эколого-экономическая оценка применения технических средств, технологий и мероприятий по защите растений в системе фитосанитарной оптимизации растениеводства в условиях переходного периода. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2000. 12 с.

1. Market of greenhouse vegetables (cucumbers, tomatoes) – key trends [Web resource]. URL: <http://www.ab-centre.ru>. Date of access: 21.08.20 (In Russ.).
2. Grisechikina L.D. Problems of protecting vegetable crops from diseases in greenhouses // Plant protection and quarantine. 2011. No2. P. 16–18 (In Russ.).
3. Dynamics of decomposition of propamocarb hydrochloride when using the drug Previcur Energy on tomato plants / L. M. Poddymkina, G. E. Larina, A.V. Kalinin, H. Mohamad. Agriculture. 2019. No4. Pp. 44–47 (In Russ.).
4. Gish A.R. Modern practice of using honeybees and bumblebees for pollination of vegetable crops: methodological manual. Moscow. Lan. 2018. 100 p. (In Russ.).
5. Ecological and economic assessment of the use of technical means, technologies and measures for plant protection in the system of phytosanitary optimization of crop production in the conditions of the transition period. St. Petersburg. Publishing House of St. Petersburg University. 2000. 12 p. (In Russ.).

Об авторах

Author details

Поддымкина Людмила Михайловна, канд. с.-х. наук, доцент РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: poddimkina@gmail.com

Дорожжина Людмила Александровна, доктор с.-х. наук, профессор РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: dorogkina@nest-m.ru

Ларина Галина Евгеньевна, доктор биол. наук, профессор, зав. лабораторией экспериментальных методов исследования в растениеводстве ФГБНУ ВНИИФ. E-mail: galina.larina@vniif.ru

Бовыкина Надежда Владимировна, помощник начальника участка, АО «Владимирский тепличный комбинат»

Poddymkina L.M., Cand. Sci. (Agr.), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. E-mail poddimkina@gmail.com

Dorozhkina L.A., D. Sci. (Agr.), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. E-mail dorogkina@nest-m.ru

Larina G.E., D. Sci. (Biol.), Professor, Head of the Laboratory of Experimental research methods in Crop Production, All-Russian Research Institute of Phytopathology. E-mail galina.larina@vniif.ru

Bovykina N.V., assistant to the head of the JSC section, Vladimir Greenhouse Plant

Эффективность применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного целевого использования

Efficiency of germination inhibitors appliance by storage of potato varieties for various target uses

Мальцев С.В., Андрианов С.В., Митюшкин А.В.

Maltsev S.V., Andrianov S.V., Mityushkin A.V.

Аннотация

Abstract

Цель работы – определение эффективности применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного использования: столовых, для потребления в свежем виде, специально предназначенных для переработки на картофелепродукты, а также в качестве семенного материала. Исследования проведены в 2005–2007 и 2015–2020 годах с использованием регуляторов роста на основе д.в. хлорпрофам (Спраут-стоп; Харвест-Макс, Р; Спад-Ник, Р) и фитогормона этилена. Картофель хранили в холодильных камерах ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» при температурах 3–4, 5–7, 8–10 °С. Производственные опыты по хранению проведены в АО «Озеры» Озерского района Московской области (при температурных режимах 3–4 и 8–10 °С) и ООО «ПокровскАгро» Энгельсского района Саратовской области (5–7 °С). Газацию этиленом проводили по адаптированной к российским условиям технологии Restrain. Опыты закладывали в условиях дерново-подзолистой почвы экспериментальной базы «Коренево» (Московская область, городской округ Люберцы) на фоне минерального питания $N_{60}P_{60}K_{120}$ при локальном внесении удобрений во время нарезки гребней. Исследованиями установлено, что обработка клубней сортов столового картофеля при температуре хранения 5–7 °С препаратом Спраут-стоп способствовала снижению общих потерь на 1,0–2,0%, а при температуре хранения 8–10 °С – на 4,0–6,0%. Причем наиболее эффективно обрабатывать клубни столовых сортов в марте, а сортов картофеля на переработку – в сентябре. Применение регулятора роста Спраут-стоп на семенном картофеле оказалось неэффективным независимо от дозы и срока обработки. Использование препарата Харвест-Макс, Р на столовом картофеле сорта Гала обеспечило снижение потерь при хранении на 5,1 и 7,0% при суммарных дозах препарата 39 и 57 г/т. Применение препарата Спад-Ник, Р как отдельно, так и в сочетании с фитогормоном этиленом способствовало снижению потерь сортов картофеля, предназначенного для переработки на хрустящий картофель, на 6,9–7,7%. При этом не выявлено существенного снижения биохимических показателей клубней и пригодности картофеля к переработке при использовании ингибиторов прорастания на основе д.в. хлорпрофам. Газация семенного материала картофеля фитогормоном этиленом способствовала прибавке общей урожайности по сортам Леди Клар и Сатурна на 14,2 и 7,4% соответственно.

The aim of this research is to determine the efficiency of germination inhibitors appliance by storage of potato varieties for various target uses: table, for fresh consumption, special for processing into potato products and also as seed material. Studies were conducted in 2005–2007 and 2015–2020 using growth regulators based on active ingredient chlorpropham (Sprout-stop; Harvest-Max; Spud-nic) and the phytohormone ethylene. Potatoes were stored in the cooling chambers of the Russian Potato Research Centre at temperatures of 3–4, 5–7, 8–10 °C. Production experiments were carried out in the JSC “Ozery” of the Ozorsky district of the Moscow region (at store temperatures of 3–4 and 8–10 °C) and LLC “PokrovskAgro” of the Engels district of the Saratov region (5–7 °C). Treatment with ethylene was carried out using the Restrain technology adapted to Russian conditions. The experiments were conducted in the conditions of sod-podzolic soil of the experimental base “Korenevo” (Moscow region, Lyuberetsky city district) with the doses of mineral fertilizers of $N_{60}P_{60}K_{120}$ by their local appliance during cutting of ridges. In research was found that treatment of tubers of table potato varieties at a storage temperature of 5–7 °C with inhibitor Sprout-stop contributed to a reduction in total losses by 1.0–2.0% and at a storage temperature of 8–10 °C – by 4.0–6.0%. Moreover, it is most effective to treat the tubers of table varieties in March, and potato varieties for processing – in September. The use of the sprout-stop growth regulator on seed potatoes was ineffective regardless of the dose and treatment term. The use of inhibitor Harvest-Max on table potatoes of Gala variety provided a reduction in storage losses by 5.1 and 7.0% at total doses of the preparation 39 and 57 g/t. The use of inhibitor Spud-nic both separately and in combination with the plant hormone ethylene contributed to the reduction of losses of potato varieties for processing into crisps 6.9 to 7.7%. At the same time no significant decrease in biochemical parameters of tubers and in suitability of potatoes for processing when using germination inhibitors based on active ingredient chlorpropham was detected. The treatment of potato seed material with phytohormone ethylene provided an increase in total yield of the Lady Claire and Saturna varieties by 14.2 and 7.4%, respectively.

Ключевые слова: картофель, ингибитор, прорастание, фитогормон, этилен, хлорпрофам, хранение, семена, переработка.

Key words: potatoes, inhibitor, germination, plant hormone, ethylene, chlorpropham, storage, seeds, processing.

Для цитирования: Мальцев С.В., Андрианов С.В., Митюшкин А.В. Эффективность применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного целевого использования // Картофель и овощи. 2021. № 3. С. 29–33. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.37.39.002>

For citing: Maltsev S.V., Andrianov S.V., Mityushkin A.V. Efficiency of germination inhibitors appliance by storage of potato varieties for various target uses. Potato and vegetables. 2021. No3. Pp. 29–33. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.37.39.002> (In Russ.).

В зависимости от целевого использования сорта картофеля подразделяют на столовые для потребления в свежем виде и специальные – для переработки на картофелепродукты. Каждая из этих групп сортов предьявляет специфичес-

кие требования к условиям хранения. Сорта столового картофеля обычно хранят при 3–4 °С. Так как низкие температуры вызывают увеличение содержания в клубнях редуцирующих сахаров и приводят к ухудшению качества продукта при обжаривании,

этот аспект особенно важен при хранении сортов картофеля, предназначенных для переработки на картофель фри (8–9 °С) и хрустящий картофель (9–11 °С). Однако хранение сортов картофеля при таких повышенных температурах сопряже-

но с ранним прорастанием клубней и ухудшением их пригодности к переработке, поэтому эта проблема решается путем применения ингибиторов прорастания [1].

Несмотря на то, что в качестве ингибиторов прорастания изучали такие препараты, как дуст метилового эфира альфа-нафтилуксусной кислоты, изопропилфенил карбамат, гидразид малеиновой кислоты и другие, сейчас в качестве ингибитора прорастания во всем мире наиболее широко используют препараты с действующим веществом изопропил-N-3-хлорфенилкарбаматом под общепринятым названием хлорпрофам. Механизм воздействия его заключается в торможении деления клеток в меристематических тканях [2]. Однако химические ингибиторы прорастания, в т.ч. хлорпрофам, имеют серьезный недостаток – повышенный риск образования внутренних ростков. Кроме того, хлорпрофам способен накапливаться в стенах картофелехранилищ, что затрудняет использование помещений для других целей. В большинстве стран ЕС препараты на основе хлорпрофама с 2020 года запрещены. В этой связи в последнее время за рубежом и в России ведется поиск альтернативных экологически более безопасных способов ингибирования прорастания клубней, среди которых наиболее перспективен фитогормон этилен [3].

Цель исследований – сравнительная оценка эффективности ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного целевого использования.

Условия, материалы и методы исследований

Хранили картофеля на экспериментальной базе «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в холодильных камерах при температурах 3–4, 5–7, 8–10 °С. Одновременно опыты по хранению закладывали в АО «Озеры» Озерского района Московской области при температурных режимах 3–4 и 8–10 °С и ООО «ПокровскАгро» Энгельсского района Саратовской области (5–7 °С). Хранилища вместимостью 1,5–2 тыс. т были оснащены системами активной вентиляции. Относительную влажность воздуха в основной период хранения поддерживали на уровне 90–95%.

Выращивали картофель на ЭБ «Коренево» (Московская область, городской округ Люберцы) на фоне минерального питания $N_{60}P_{60}K_{120}$ при ло-

кальном внесении удобрений во время нарезки гребней. Почва – дерново-подзолистая супесчаная. Срок посадки – первая декада мая при густоте 45 тыс. шт/га. Убирали картофель в первой декаде сентября прицепным копалелем с подбором клубней вручную.

Метеорологические условия в годы проведения исследований в целом были близки к среднегодовой норме, за исключением более жарких и сухих 2005, 2007 и 2015 годов.

Программа исследований включала четыре лабораторных и два полевых опыта, в которых в течение 2005–2007 и 2015–2020 годов изучали эффективность ингибиторов прорастания картофеля на основе:

- д.в. хлорпрофама: препараты Спраут-стоп, Спад-Ник, Р, Харвест-Макс, Р;

- фитогормона этилена: технология фирмы Restraine Company Ltd (Великобритания).

Лабораторный опыт №1 (неполный трехфакторный). Определение влияния хлорпрофама в виде препарата Спраут-стоп (1% по д.в.), известного также под брендом СІРС, на лежкость и биохимические показатели столовых сортов картофеля при температуре хранения 5–7 °С. Схема опыта:

- Фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Удача (ранний), 2) Ильинский (ранний), Никулинский (среднепоздний);

- Фактор Б – срок обработки. Варианты: 1) сентябрь, 2) март;

- Фактор В – доза обработки препарата Спраут-стоп. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) 100 г/т (сентябрь), 3) 200 г/т (сентябрь), 4) 50 г/т (март), 5) 100 г/т (март).

Полевой опыт №1 (неполный трехфакторный). По вышеприведенной схеме и при той же температуре хранения 5–7 °С обрабатывали семенную картофель для изучения возможности сдерживания преждевременного прорастания и последующего влияния на урожайность.

Лабораторный опыт №2 (неполный трехфакторный) – постановка задачи, как и в лабораторном опыте №1, но применительно к картофелю для переработки с температурой хранения 8–10 °С. Схема опыта:

- Фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Удача (ранний), 2) Ильинский (ранний), Никулинский (среднепоздний);

- Фактор Б – срок обработки. Варианты: 1) сентябрь, 2) январь;

- Фактор В – доза обработки препарата Спраут-стоп. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) 500 г/т (сентябрь), 3) 750 г/т (сентябрь), 4) 250 г/т (январь), 5) 500 г/т (январь).

Лабораторный опыт №3 (однофакторный). Определение влияния хлорпрофама в виде препарата Харвест-Макс, Р (624 г/л) на лежкость и биохимические показатели столового картофеля среднераннего сорта Гала при температуре хранения 5–7 °С (2019–2020 годы). Схема опыта:

- Фактор А – доза препарата Харвест-Макс, Р (624 г/л). Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) 39 мл/т (19 мл/т по окончании лечебного периода + 10 мл/т через месяц + 10 мл/т через 3 месяца), 3) 57 мл/т (19+19+19 в те же сроки).

Лабораторный опыт №4 (двухфакторный). Закладывали в 2015–2019 годах на базе АО «Озеры» при хранении картофеля для переработки (8–10 °С) по схеме:

- Фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Леди Клэр (ранний), 2) Сатурна (среднеспелый);

- Фактор Б – обработка ингибиторами прорастания. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) Спад-Ник, 104 мл/т (24 мл/т в октябре + пять раз по 16 мл/т через каждые 45 дней), 3) Спад-Ник, 48 мл/т (24 мл/т в октябре + 24 мл/т в ноябре) совместно с этиленом в концентрации 20 единиц по классификации фирмы Restraine (с ноября по май).

Полевой опыт №2 (двухфакторный). Влияние обработки семенных клубней картофеля (4 °С) этиленом на урожайность. Схема опыта:

- Фактор А – сорт картофеля. Варианты: 1) Леди Клэр (ранний), 2) Сатурна (среднеспелый);

- Фактор Б – обработка семенных клубней этиленом. Варианты: 1) контроль (без обработки), 2) газация в дозе 30 единиц по классификации фирмы Restraine начиная с ноября по конец апреля.

Лабораторные и полевые исследования проводили с использованием стандартных методик ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха». Лежкость картофеля определяли согласно «Методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению» [4]. Обработку клубней препаратом Спраут-стоп проводили в лабораторных условиях следующим образом: клубни закладывали в полиэтиленовые пакеты, посыпали порошком Спраут-стоп и перемешивали. При

этом пакеты были плотно завязаны. После трехдневного хранения клубни перекладывали в сетки по 5 кг в пятикратной повторности. Обработку препаратами Харвест-Макс и Спад-Ник проводили с использованием температурных туманообразователей. Газация этиленом – по адаптированной к российским условиям технологии Restrain (хранение картофеля при температуре 4 °С и посадка в мае) с использованием генератора этилена, осуществляющего каталитический распад спирта этанола [5]. Математическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [6].

Результаты исследований

Известно, что общие потери при хранении картофеля складываются из естественной убыли массы, технического отхода, абсолютной гнили, потерь на ростки [1]. В наших исследованиях существенного влияния ингибиторов прорастания на пораженность клубней болезнями не выявлено, поэтому различия в объеме потерь обусловлены главным образом естественной убылью массы и ростками.

Применение препарата Спраут-стоп (порошок, 1% хлорпрофам по д.в.)

При температуре хранения 5–7 °С обработка препаратом Спраут-стоп снижала величину общих потерь столового картофеля на 1,0–2,0% в зависимости от сорта, дозы и срока обработки. При температуре хранения 8–10 °С эффективность обработки была еще выше – снижение потерь на 4,0–6,0%.

Установлено, что обработка картофеля в более поздние сроки (январь и март по сравнению с сентябрем) обеспечивала примерно тот же уровень снижения общих потерь, но при вдвое меньших дозах ингибитора. Это обусловлено тем, что использование препарата в момент начала прорастания клубней и незадолго до этого наиболее эффективно и вызывает резкое снижение убыли массы в последующие месяцы хранения. Например, по сорту Ильинский при температуре хранения 5–7 °С обработка в марте в дозах 50 и 100 г/т обеспечила снижение потерь на 1,8% (с 6,0 до 4,2%). Сентябрьский срок обработки оказался менее эффективным, несмотря на вдвое более высокие дозы 100 и 200 г/т. В этом варианте снижение по сравнению с контролем составило 1,2% (с 6,0 до 4,8%). Существенного влияния на

биохимические показатели клубней и пригодность картофеля к переработке изученные варианты обработки препаратом Спраут-стоп не оказывали. Из этого следует, что с точки зрения снижения потерь при хранении столового картофеля (при 5–7 °С) наиболее эффективно обрабатывать в марте. Причем для полного подавления прорастания при обработке препаратом Спраут-стоп в этот период достаточно дозировки, в 10–20 раз меньшей рекомендуемой производителем (1000 г/т). Картофель на переработку (8–10 °С) эффективнее обрабатывать в сентябре. При этом вполне достаточно от половины до трех четвертей рекомендуемой производителем дозы.

В связи с тем, что не во всех картофелехранилищах существует техническая возможность обеспечения стабильно низкой температуры, необходимой для сохранения качества семенного материала, проведен опыт по оценке возможности хранения семенного картофеля при 5–7 °С с обработкой препаратом Спраут-стоп в малых дозах (в 5–20 раз меньших, чем рекомендовано производителем).

Обработка семенных клубней ингибитором прорастания Спраут-стоп в малых дозах исключала их преждевременное прорастание, но урожайности в последствии при этом в большинстве изученных вариантов снижалась. Особенно негативное влияние оказала обработка в марте, которая вызывала снижение урожайности до 20% (табл. 1).

Обработка в сентябре в дозе 100 г/т к снижению урожайности картофеля в последствии не приводит

ла, но и какого-либо существенного ее роста даже в отдельные годы по изученным сортам не обеспечивала. Отсюда следует, что для контроля прорастания семенного картофеля препараты на основе д.в. хлорпрофам использовать не рекомендуется.

Применение препарата Харвест-Макс, Р (хлорпрофам, 624 г/л)

Общие потери картофеля сорта Гала при длительном хранении с сентября по май в варианте с применением препарата Харвест-Макс суммарной дозой 39 мл/т (трехкратная обработка 19+10+10 мл/т) составили 13,9%, что на 5,1% ниже, чем в контроле. Более эффективной оказалась обработка суммарной дозой препарата 57 мл/т (19+19+19 мл/т), обеспечившая снижение величины общих потерь на 7,0% (табл. 2).

Применение препарата Харвест-Макс не оказало существенного влияния на биохимические, потребительские и кулинарные качества клубней после периода зимнего хранения. Содержание сухого вещества не зависело от варианта обработки ингибитором и находилось на уровне 21,8–22,0%, крахмала – 16,0–16,2%, редуцирующих сахаров – 0,4–0,6%. Содержание нитратного азота в пределах нормы: 200–210 мг/кг (при ПДК 250 мг/кг).

Применение препарата Спад-Ник, Р (хлорпрофам, 500 г/л) в полной дозе и в сочетании с фитогормоном этиленом в половинной дозе

Для изучения возможности снижения пестицидной нагрузки в процессе хранения картофеля по хлорпрофаму проведены исследования по применению фитогормона этилена при половинной дозе препарата

Таблица 1. Урожайность картофеля в зависимости от варианта обработки семенных клубней препаратом Спраут-стоп (хлорпрофам, 1%) при температуре хранения семенных клубней 5–7 °С, 2005–2007 годы

Сорт	Срок обработки	Доза препарата, г/т	Урожайность, т/га				
			2005 год	2006 год	2007 год	среднее	
Удача	Контроль	–	20,7	32,3	16,8	23,3	
		50	18,5	31,7	11,1	20,4	
	Март	100	18,2	30,5	8,2	19,0	
		100	20,4	32,1	16,8	23,1	
Ильинский	Сентябрь	200	17,2	30,3	13,1	20,2	
		–	1,1	1,2	0,9	–	
	НСР ₀₅	Контроль	–	25,3	31,0	18,5	24,9
			50	23,5	29,6	17,4	23,5
Март		100	21,7	28,9	16,4	22,3	
		100	25,2	31,1	18,4	24,9	
НСР ₀₅	Сентябрь	200	21,3	27,3	15,2	21,3	
		–	1,3	1,4	0,9	–	

Таблица 2. Лежкость столового картофеля для потребления в свежем виде (сорт Гала, температура хранения 5–7 °С), 2019–2020 годы

Варианты	Потери всего, %	В том числе			
		естественная убыль массы, %	абсолютная гниль, %	технический отход, %	потери на ростки, %
Контроль	19,5	10,3	0,1	8,6	0,5
Харвест-Макс, 19+10+10 мл/т	13,9	5,8	0,2	7,9	0,0
Харвест-Макс, 19+19+19 мл/т	12,5	4,5	0,0	8,0	0,0
HCP ₀₅	0,4	0,3	–	–	–

Спад-Ник. Установлено, что в среднем за 2015–2019 годы общие потери картофеля в варианте совместного применения препарата Спад-Ник с этиленом оказались незначительно выше, чем в варианте с обработкой клубней только препаратом Спад-Ник по сортам Леди Клэр и Сатурна на 0,5 и 0,7% соответственно (табл. 3).

Эта разница обусловлена более высоким уровнем естественной убыли массы клубней (на 0,7%) в связи с возросшей интенсивностью их дыхания, что наиболее заметно проявлялось в первый месяц после начала газации хранилища этиленом при 8–10 °С. Тем не менее оба варианта обработки обеспечивали полное ингибирование прорастания клубней. При этом применение препарата Спад-Ник как отдельно, так и в сочетании с этиленом, достаточно эффективно для снижения общих потерь картофеля при хранении (разница с контролем на 6,9–7,7%). По содержанию крахмала и сухого вещества в клубнях сортов существенной разницы в вариантах исследований не выявлено. Однако в отдельные годы отмечалось повышение содержания редуцирующих сахаров в клубнях (на 0,05–0,15%), что незначительно снижало качество обжаренного картофеля по показателю цвета на 0,5–1,0 балл (по девятибалльной оценочной шкале).

Использование фитогормона этилена при хранении семенного картофеля

Установлено, что обработка фитогормоном этиленом семенных клубней при 4 °С способствовала увеличению числа наклюнувшихся глазков при подавлении апикального доминирования и увеличению числа стеблей на куст по сорту Леди Клэр на 17,0%, а Сатурна – на 12,5%. Одновременно в вариантах с обработкой этиленом отмечено более раннее появление всходов (на 3–5 дней) и увеличение числа клубней на куст на 15,7 и 20,2% соответственно по данным сортам (табл. 4).

Общая урожайность по сортам Леди Клэр и Сатурна при этом возросла на 14,2 и 7,4% (3,5 и 1,5 т/га), а товарная – на 21,7 и 9,1% (4,1 и 1,3 т/га) соответственно.

Все изученные ингибиторы достаточно эффективно подавляли прорастание клубней картофеля, однако требуется уточнение необходимых дозировок д.в. хлорпрофам и технологичности метода обработки.

Для практического применения препаратов использованные в них дозировки хлорпрофама можно представить в следующем виде: Спраут-стоп – от 2,5 до 10,0 г/т, Харвест-Макс, Р – от 24,3 до 48,7 г/т, Спад-Ник, Р – от 24,0 до 52,0 г/т. С точки зрения минимизации достаточного для полного ингибирования прорастания количества хлорпрофама наиболее эффективным оказался препарат Спраут-стоп, которого по д.в. требуется в 5–10 раз меньше по сравнению с изученными аналогами.

Однако следует учитывать, что обработка этим препаратом технологически гораздо сложнее, так как в сентябре ее реально проводить на ленте транспортера при закладке клубней на хранение, а обработка в процессе длительного хранения практически невозможна.

При использовании препаратов Харвест-Макс, Р и Спад-Ник, Р в виде аэрозолей при работе температурных туманообразователей и газации насыпи картофеля через систему активной вентиляции можно обрабатывать картофель в любой месяц и безопасно в закрытом помещении. Это исключает вероятность внутреннего прорастания клубней, так как при последующих газациях доступными для обработки становятся и те участки клубней, которые после закладки находились в соприкосновении и до перераспределения межклубневого пространства не обрабатывались.

Более перспективно совместное применение препарата Спад-Ник, Р (в половинной дозе) с фитогормоном этиленом. Эффективность этого способа ингибирования прорастания клубней, предназначенных для переработки на обжаренные картофелепродукты, практически не отличается от использования одного только препарата Спад-Ник, Р в полной дозе (разница по сортам на 0,7%). Однако при этом сохраняются преимущества технологичности обработки и возможность снижения в два раза пести-

Таблица 3. Лежкость клубней картофеля для переработки на картофелепродукты в зависимости от сорта и варианта обработки ингибиторами прорастания (температура хранения 10 °С), 2015–2019 годы

Сорта	Варианты обработки	Потери всего, %	В том числе			
			убыль массы, %	потери на ростки, %	технический отход, %	абсолютная гниль, %
Леди Клэр	Контроль	19,0	12,9	3,3	1,9	0,9
	Спад-Ник, 104 мл/т	11,6	10,5	0,0	0,5	0,6
	Спад-Ник (48 мл/т) + этилен	12,1	11,2	0,0	0,4	0,5
HCP ₀₅		0,5	0,4	–	–	–
Сатурна	Контроль	18,8	13,1	3,1	1,4	1,2
	Спад-Ник, 104 мл/т	11,1	10,7	0,0	0,1	0,3
	Спад-Ник (48 мл/т) + этилен	11,8	11,4	0,0	0,1	0,3
HCP ₀₅		0,5	0,4	–	–	–

Таблица 4. Биометрические показатели и урожайность сортов картофеля в зависимости от сорта и применения этилена (2015–2019 годы)

Варианты хранения семенных клубней	Число стеблей, шт/куст	Число клубней шт/куст	Урожайность, т/га	
			общая	товарная (клубни фракции >50 мм)
Сорт Леди Клэр				
Контроль	5,3	10,2	24,6	18,9
С этиленом	6,2	11,8	28,1	23,0
НСП ₀₅	0,3	0,5	0,8	0,6
Сорт Сатурна				
Контроль	4,0	9,4	20,2	14,3
С этиленом	4,5	11,3	21,7	15,6
НСП ₀₅	0,2	0,5	0,7	0,5

цидной нагрузки по хлорпрофаму без существенного изменения биохимических показателей клубней. К тому же совместная обработка препаратом Спад-Ник в половинной дозе + этилен дешевле по сравнению с обработкой Спад-Ник в полной дозе на 30% (с учетом стоимости аренды генератора этилена и расходных материалов). Кроме того, фитогормон этилен в отличие от изученных препаратов на основе хлорпрофамы можно использовать в качестве регулятора роста растений и при хранении семенного картофеля.

Выводы

Обработка клубней продовольственного картофеля при температуре хранения 5–7 °С препаратом Спраут-стоп способствовала снижению общих потерь на 1,0–2,0%, а при 8–10 °С на 4,0–6,0%.

Столовый картофель наиболее эффективно обрабатывать в марте (достаточно дозировки в 10–20 раз меньше рекомендуемой производителем); картофель на переработку – в сентябре (1/2–3/4 рекомендуемой дозы). Применение регулятора роста Спраут-стоп на семенном картофеле оказалось неэффективным независимо от дозы и срока обработки.

Использование препарата Харвест-Макс, Р на столовом картофеле сорта Гала обеспечило снижение потерь при хранении на 5,1 и 7,0% при суммарных дозах препарата 39 и 57 г/т.

Применение препарата Спад-Ник, Р (как отдельно, так и в сочетании с этиленом) способствовало снижению потерь картофеля, предназначенного для переработки на хрустящий картофель, на 6,9–7,7%.

Сушественного снижения биохимических показателей клубней и пригодности картофеля к переработке при использовании ингибиторов прорастания на основе д.в. хлорпрофамы не выявлено.

Газация семенного картофеля фитогормоном этиленом обеспечила рост общей урожайности по сортам Леди Клэр и Сатурна на 14,2 и 7,4% (3,5 и 1,5 т/га), а товарной – на 21,7 и 9,1% (4,1 и 1,3 т/га) соответственно.

Библиографический список

1. Мальцев С.В., Пшеченков К.А. Обработка клубней ингибитором прорастания снижает потери при хранении // Картофель и овощи. 2009. №1. С. 9.
2. Kennedy E.I., Smith O. Response of the potato to field application to maleic hydrazide // Am. Potato. J. 1951. Vol. 28. №9. Pp. 701–712. DOI: 10.1007/BF03030753
3. Rylski I., Rappaport L., Pratt H.K. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth // Plant Physiol. 1974. №53 (4). Pp. 658–662. DOI: 10.1104/pp.53.4.658
4. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению / К.А. Пшеченков, О.Н. Давыденкова, В.И. Седова, С.В. Мальцев, Б.А. Чулков. М.: ВНИИКС, 2008. 39 с.
5. Равич Д. Технология Restrain: азбука хранения // Картофельная система. 2018. №3. С. 10–11.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Об авторах

Мальцев Станислав Владимирович (ответственный за переписку), доктор с.-х. наук, зав. лабораторией хранения и переработки картофеля, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов. E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Андреанов Сергей Владимирович, м.н.с. лаборатории хранения и переработки картофеля, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов

Митюшкин Алексей Владимирович, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией селекции сортов для переработки, отдел экспериментального генофонда картофеля

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

References

1. Maltsev S.V., Pshechenkov K.A. Treatment of tubers with an inhibitor of germination reduces losses during storage. Potato and vegetables. 2009. No1. P. 9 (In Russ.).
2. Kennedy E.I., Smith O. Response of the potato to field application to maleic hydrazide. Am. Potato. J. 1951. Vol. 28. No9. Pp. 701–712. DOI: 10.1007/BF03030753
3. Rylski I., Rappaport L., Pratt H.K. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth. Plant Physiol. 1974. No53(4). Pp. 658–662. DOI: 10.1104/pp.53.4.658
4. Methodological guidelines for assessing potato varieties for processing and storage suitability. K.A. Pshechenkov, O.N. Davydenkova, V.I. Sedova, S.V. Maltsev, B.A. Chulkov. Moscow. Russian Potato Research Centre. 2008. 39 p. (In Russ.).
5. Ravich D. Restrain technology: the alphabet of storage. Potato system. 2018. No3. Pp. 10–11 (In Russ.).
6. Dospikhov B.A. Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow. Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.).

Author details

Maltsev S.V. (author for correspondence), D.Sci. (Agr.), head of potato storage and processing laboratory, Department of agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids. E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Andrianov S.V., junior research fellow of potato storage and processing laboratory, Department of agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids

Mityushkin A.V., Cand. Sci. (Agr.), head of variety selection laboratory for processing, Department of experimental potato gene pool

Russian Potato Research Centre