

Вниманию читателей предлагается альманах, содержащий лучшие научные статьи по овощеводству и картофелеводству за первое полугодие 2020 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 2020. 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

Огнев В.В., Гераськина Н.В.
Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России.....3

Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Митюшкин Ал-р В., Гайзатулин А.С.
Актуальные направления селекции на улучшение питательной ценности клубней картофеля9

Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Маврина П.О., Корнев А.В., Еремина Н.А.
Изменчивость морфологических параметров семян в сортопопуляциях моркови столовой..... 15

Овощеводство

Чернова Т.В., Огнев В.В., Авдеенко С.С., Габибова Е.Н., Корсунев Е.И.
Совершенствование технологии возделывания томата и конструкции весенних теплиц для получения экологически безопасной продукции..... 20

Перевертин К.А., Леунов В.И., Белолюбцев А.И., Симаков Е.А., Иванцова Н.Н., Васильев Т.А.
Учет текущих и ожидаемых погодных рисков в растениеводстве на основе математической теории игр.....26

Огнев В.В., Чернова Т.В., Гераськина Н.В., Авдеенко С.С., Каменева В.К.
Гибриды перца сладкого в открытом грунте: особенности технологии.....31

Защита растений

Игнатов А.Н., Гриценко В.В., Джалилов Ф.С.-У.
Риски распространения в Российской Федерации новых вирусных болезней томата 37

Митюшев И.М.
Коричнево-мраморный клоп – новая угроза овощеводству на юге России 44

Чистякова Л.А., Соколова Л.М., Бакланова О.В., Егорова А.А.
Оценка штаммов гриба рода *Fusarium* на поражение растений огурца 49

Contents

Breeding and seed growing

Ognev V.V., Geras'kina N.V.
Current trends in breeding to improve nutritional value of potato tubers3

Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Mityushkin Al-r V., Gaizatulin A.S.
Current trends in breeding to improve nutritional value of potato tubers9

Bukharov A.F., Baleev D.N., Mavrina P.O., Kornev A.V., Eremina N.A.
Variability of morphological parameters of seeds in varieties of carrots 15

Vegetable growing

Chernova T.V., Ognev V.V., Avdeenko S.S., Gabibova E.N., Korsunov E.I.
Improving tomato cultivation technology and spring greenhouse construction to produce ecological safely products 20

Perevertin K.A., Leunov V.I., Belolyubtsev A.I., Simakov E.A., Ivantsova N.N., Vasil'ev T.A.
Accounting for current and expected weather risks in crop production based on mathematical game theory26

Ognev V.V., Chernova T.V., Geraskina N.V., Avdeenko S.S., Kameneva V.K.
Technological specifics of growing sweet pepper hybrids in the open ground31

Plant protection

Ignatov A.N., Gritsenko V.V., Dzhaliyov F.S.-U.
Risks of new tomato virus diseases spreading in the Russian Federation..... 37

Mityushev I.M.
The brown marmorated stink bug is a new threat to vegetable production in the South of Russia..... 44

Chistyakova L.A., Sokolova L.M., Baklanova O.V., Egorova A.A.
Evaluation of *Fusarium* fungus strains on aff ection of cucumber plants..... 49

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.*

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

Белешапкина 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 ФГАОУ ВО РУДН

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

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

Колпаков Н.А. — доктор с.-х. наук, доцент, ректор, заведующий кафедрой плодово-овощеводства, 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»

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

Монахос 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»

Разин А.Ф. — доктор экономических наук, канд. с.-х. наук, руководитель ВНИИО-филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», главный научный сотрудник отдела экономики

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»

Ховрин 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.*

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

Chekmarev P.A., academician 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

Dzhililov 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., academician 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

Razin A.F., Doctor of Economic Sciences, Candidate of Agricultural Sciences, head of All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of Federal Scientific Centre of Vegetable Growing

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

Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России

Initial material of eggplant and prospects of breeding in South of Russia

Огнев В.В., Гераськина Н.В.

Ognev V.V., Geras'kina N.V.

Аннотация

Abstract

Баклажан имеет широкое распространение на юге России. Площади под культурой имеют тенденцию к росту. Кроме открытого грунта баклажан возделывают в утепленном и защищенном грунте, расширяются и направления использования продукции. Значительные объемы плодов в свежем виде и после промышленной переработки вывозят в более северные регионы. Для каждого направления использования и способа возделывания требуется соответствующий сортимент с комплексом нужных признаков и свойств. Привлечение нового исходного материала позволяет решить основные задачи селекции. Наибольшие перспективы имеет создание исходного материала с высокой продуктивностью в условиях разных способов возделывания, имеющего устойчивость к комплексу неблагоприятных биотических и абиотических факторов среды, лежкого и транспортабельного, пригодного для различных направлений использования и с комплексом морфологических признаков, улучшающих его технологичность в производстве. При выполнении селекционных программ наблюдается недостаток генисточников многих признаков и свойств. Это потребовало проведения специальных исследований по привлечению нового исходного материала. В задачи исследований входили как сбор коллекционного материала, так и его оценка на наличие ценных признаков, создание источников и доноров этих признаков и формирование на их основе банка генплазмы, вовлечение их в селекционный процесс. Исследования проведены в Селекционно-семеноводческом центре «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск» в 2010-2019 годах в открытом грунте и весенних теплицах. Почвы в опытах – черноземы обыкновенные. Погодные условия в годы проведения опытов были типичными для климатической зоны юга России. Лето было жарким и сухим, с продолжительными периодами полного отсутствия осадков при температурах свыше 30 °С. Сумма активных температур за вегетационный период превышала 3500 °С, а сумма осадков в среднем составляла 280 мм. Применялись технологии выращивания баклажан, принятые в регионе. Исходный материал изучали по стандартным методикам. На основе проведенных исследований был собран разнообразный материал из разных регионов мира, прежде всего из стран, где культура баклажан наиболее развита (Китай, Индия, Таиланд, Италия, Турция, Голландия, Япония и др.). Собранные сорта и гибриды оценивали по наличию ценных признаков и свойств, на их основе создавался линейный материал источников и доноров признаков, востребованных в селекционных программах. Из лучших линий сформирован банк источников и доноров наиболее важных признаков – коллекция генетической плазмы в количестве 70 образцов. Эта коллекция активно вовлечена в селекционные программы по созданию сортимента для юга России и на ее базе получено более 10 сортов и гибридов баклажан, отличающихся по направлениям использования, способам выращивания, с высокой продуктивностью и адаптивными качествами.

Eggplant is widespread in southern Russia. Areas under the crop tend to grow. In addition to the open ground, the eggplant is cultivated in the comforted and protected soil, and the directions of use of products are expanded. Significant volumes of fruit in fresh form and after industrial processing are exported to more northern regions. Each use and method of cultivation requires an appropriate cultivar with a set of the right features and properties. Attracting new source material allows to solve the main problems of selection. The greatest prospects are the creation of the source material with high productivity in the conditions of different ways of cultivation, which is resistant to a set of adverse biotic and abiotic factors of the environment, lying and transportable, suitable for various uses and with a set of morphological features that improve its technological in production. In the implementation of breeding programs there is a lack of genetic sources of many signs and properties. This required special research to include new source material. The tasks of the research included both collecting the collection material and assessing it for the presence of valuable features, creating sources and donors of these traits and forming a gene plasma bank based on them, involving them in the breeding process. The research was carried out at the Rostovskii Breeding Centre of The Poisk Agro Holding in 2010-2019 in the open ground and spring greenhouses. Soils in experiments are ordinary blackearths. Weather conditions during the years of experiments were typical for the climate zone of southern Russia. Summer was hot and dry, with long periods of complete lack of precipitation in temperatures over 30 °C. The amount of active temperatures during the growing season exceeded 3500 °C, and the amount of precipitation averaged 280 mm. The technologies of eggplants growing adopted in the region were used. Based on the research, a variety of material was collected from different regions of the world, primarily from the countries where the eggplant culture is most developed (China, India, Thailand, Italy, Turkey, Holland, Japan, etc.). Collected cultivars and hybrids were evaluated on the presence of valuable features and properties, on their basis created linear material of sources and donors of traits in demand in breeding programs. From the best lines formed a bank of sources and donors of the most important features - a collection of genplasma in the number of 70 samples. This collection is actively involved in breeding programs to create a variety for southern Russia and on its basis received more than 10 cultivars and hybrids of eggplant, differing in terms of use, methods of cultivation, with high productivity and adaptive qualities.

Ключевые слова: баклажан, исходный материал, селекция, признаки, направления использования, устойчивость, технологичность, гетерозис.

Key words: eggplant, source material, selection, signs, directions of use, stability, technology, heterosis.

Для цитирования: Огнев В.В., Гераськина Н.В. Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России // Картофель и овощи. 2020. №1. С. 35-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.22.99.004>

For citing: Ognev V.V., Geras'kina N.V. Initial material of eggplant and prospects of breeding in South of Russia. Potato and Vegetables. 2020. No1. Pp. 35-40 (In Russ.). <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.22.99.004>

Баклажан принадлежит к числу наиболее популярных овощных культур в мире. Наибольшие посевные площади сосредоточены в Китае, Индии и на Ближнем востоке [1]. На юг России баклажан попал с переселенцами с Балкан в очень ограниченном сортименте в начале 18 века. Длительное время здесь доминировал только один сорт – Донской 14 селекции Бирючукской ОСОС. Сорт наряду с несомненными достоинствами имел и очевидные недостатки: низкую устойчивость к болезням увядания, позднеспелость, шиповатость [2]. На смену ему пришел другой сорт-космополит – Алмаз, более скороспелый, дружно созревающий, многоплодный и малошиповатый [3]. При этом спрос на плоды постоянно рос. Сегодня на одного россиянина производится только 1 кг плодов баклажана, в то время как в Италии, Испании, Японии, Китае, Турции – в 10–12 раз больше [4]. Изменение жизненного уклада, туризм и миграции населения привели к росту спроса в средней полосе и других более северных регионах России, расширились и направления использования, от изготовления различных закусок консервов до блюд домашней кулинарии и общественного питания, таких как овощи на гриле, шашлыки, мусаки и т.п. Возник спрос на обновление сортамента. А это потребовало привлечения исходного материала с новыми признаками и свойствами. Изучению исходного материала баклажан большое внимание уделяется во многих странах мира. Создаются генетические коллекции, в том числе с использованием методов биотехнологии [5]. Особое внимание как в нашей стране, так и за рубежом уделяется созданию генотипов, устойчивых к болезням увядания [6,7]. Учитывая важность баклажан как сырья для консервной промышленности и новых направлений использования, необходимо постоянное совершенствование используемого сортамента, что также требует привлечения новых форм с особыми признаками [8, 9, 10]. Для повышения продуктивности товарных посевов все шире используют селекцию на гетерозис, где необходимы линии с высокой комбинационной способностью [1, 3, 7, 11]. Появление и использование в селекции форм баклажана с новыми признаками также требует создания соответствующих банков генплазмы и изучения их особенностей. В качестве примера можно привести геноти-

пы со свойством партенокарпии, декоративными качествами и т.п. [8, 12, 13]. Интенсификация процесса селекции баклажан и требования производства делают принципиально важным изучение исходного материала, создание генетических коллекций, выделение образцов с комплексом разнообразных признаков и свойств, реализуемых в новых сортах и гибридах.

В связи с этим, основной целью исследований было изучение исходного материала баклажан различного эколого-географического происхождения и создание на его основе генетической коллекции для селекции сортов и гибридов, пригодных для возделывания на юге России. Для достижения поставленной цели было предусмотрено решение следующих задач:

- подобрать сортообразцы баклажана различного эколого-географического происхождения с комплексом разнообразных морфологических и хозяйственно ценных признаков;
- выявить источники и доноры ценных признаков и свойств для различных направлений селекции;
- создать генетическую коллекцию источников и доноров ценных признаков и свойств;
- вовлечь выделенный исходный материал в селекционный процесс для создания сортов и гибридов баклажан для различных технологий возделывания и направлений использования.

Условия, материалы и методы исследований

В качестве материала для исследований было изучено более 300 сортов и гибридов баклажан, полученных из мировой коллекции ВНИИР имени Н.И. Вавилова, от международных селекционно-семеноводческих компаний, собранных в результате экспедиций в различные регионы мира (Китай, Индия, Таиланд, Италия, Турция Голландия, Япония и др.). Собранный материал оценивали по комплексу признаков в условиях открытого и защищенного грунта и на провокационных фонах. Использовали стандартные методики оценки [14]. На основе выделенных образцов получали инцухт-линии, которые представляли собой источники или доноры ценных признаков и свойств. Созданные линии также оценивались по комбинационной способности с выделением лучших для селекции на гетерозис.

Исследования проводили в 2010–2019 годах на базе Селекционно-семеноводческого центра «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск», расположенного в Октябрьском районе Ростовской области в открытом грунте и в весенних теплицах с поликарбонатным светопрозрачным покрытием. Почвы в опытах – чернозем обыкновенный с высоким содержанием доступных элементов питания. Поливы – через систему капельного орошения с фертигацией. Применяемая технология выращивания баклажана – принятая для зоны [10]. Территория хозяйства расположена в степной зоне с жарким и сухим летом и неустойчивой, относительно теплой зимой. К числу неблагоприятных факторов внешней среды относятся высокие температуры и недостаток увлажнения в период вегетации, а также наличие в почве возбудителей болезней увядания. За вегетационный период сумма активных температур выше 10 °С превышает 3500 °С, сумма осадков достигает 280 мм. Погодные условия в период проведения опытов характеризовались как типичные для региона с летними температурами выше +30 °С и недостатком осадков. Периоды засух продолжались в течение 15–20 дней, когда относительная влажность воздуха снижалась до 19–20%.

Результаты исследований

За годы проведения исследований была изучена коллекция из более чем 300 сортообразцов, полученных из ВНИИР имени Н.И. Вавилова, от отечественных и иностранных селекционно-семеноводческих компаний, и в результате экспедиционного сбора материала в странах широкого распространения культуры баклажан (Китай, Индия, Таиланд, Италия, Турция Голландия, Япония и др.). Полученные сортообразцы оценивали в открытом и защищенном грунте и на провокационных фонах по комплексу признаков, как морфологических, так и хозяйственных. Вели поиск геноносителей высокой продуктивности, крупноплодности, многоплодности, устойчивости к болезням увядания и абиотическим факторам среды, высокой завязываемости, морфологических признаков растений и плодов, их технологических признаков, представляющих интерес для различных направлений селекции.

Большая часть привлеченного материала была представлена гибридами первого поколения. Оценка

полученного исходного материала показала, что в среднем за все годы изучения гибриды F₁ баклажана достоверно превышали свободноопыляющиеся сорта на 35–124% по величине общей урожайности. Общемировой тенденцией является создание именно гетерозисных гибридов первого поколения. Все иностранные компании в коммерческом сорimente имеют только гибриды F₁.

По продуктивности выделяют сортаобразцы из Китая, Индии и Голландии. Анализ структуры урожая показал, что наиболее урожайные генотипы имеют более высокую массу отдельного плода и формируют большее количество плодов на растении. Большая часть представленных в коллекции гибридов создана за последние 25–30 лет. Среди самых урожайных гибридов баклажан сравнительно немного скороспелых форм, представляющих интерес для России. В качестве источников высокой продуктивности, товарности урожая, многоплодности, скороспелости и других признаков целесообразно использовать гибриды F₁ Valentina и F₁ Samurai из Голландии. На основе этих гибридов получен линейный материал, являющийся донором крупноплодности, многоплодности и скороспелости.

Этот материал активно использован в селекции на гетерозис. Выделенные линии показали высокую комбинационную способность,

Таблица 1. Оценка поражения сортообразцов баклажана фузариозом в открытом грунте на жестком инфекционном фоне (среднее за 2014-2018 годы)

Образец	Средний балл поражения	Степень развития болезни, %
Алмаз, устойчивый стандарт	1,5	37,5
Донской 14, восприимчивый стандарт	3,8	94,8
Халиф	0,6	15,2
Меч самурая	0,8	20,0
Галич	1,0	24,6
Нистру	1,0	24,9
F ₁ EG 203	1,2	30,0
F ₁ Максик	1,2	30,4
F ₁ Валентина	1,6	40,4

а гибридные комбинации на их основе превышали по продуктивности лучшие родительские линии на 21,8–52,1%.

В то же время, самыми многоплодными были полукультурные местные формы с кистевым плодоношением из Индии и стран Юго-Восточной Азии. Самую большую массу отдельного плода имели образцы из Китая, США и Индии. У отдельных сортообразцов она превышала 1,2–2,0 кг. Доноры многоплодности и кистевого плодоношения – образцы из Индии F₁ Naksha и F₁ Green emerald, а также образец из США Gretel. Источники крупноплодности – сорта из США и Китая: Кит 173/16 F₁, Кит 277/13 и Ам 12/10.

В условиях жары и засухи у баклажана наблюдается нарушение процессов опыления и формирования

плодов, значительная часть цветков и плодов осыпается. Из числа изученных сортообразцов только незначительная часть отличается высокой завязываемостью в неблагоприятных условиях. Частично решить проблему помогает способность отдельных образцов формировать партенокарпические плоды. Наиболее выражено свойство партенокарпии в условиях весенних теплиц. Здесь выделились по способности формировать партенокарпические плоды образцы из России Десерт Голиафа и F₁ Максик.

Большую проблему при выращивании баклажан представляют болезни увядания грибной природы, распространенные в регионе. Генотипы, отличающиеся высокой устойчивостью, в изученном сорimente отсутствуют. Относительную устойчивость

Таблица 2. Характеристика линий и гибридов баклажана в условиях открытого грунта (среднее за 2016-2018 годы)

Образец	Группа спелости	Урожайность, кг/м ²	Средняя масса плода, г	Средний балл поражения увяданием
Алмаз, устойчивый стандарт	среднеранний	2,9	180,0	1,5
Донской 14, восприимчивый стандарт	среднеспелый	3,2	280,4	3,8
Линия 47	ранний	3,7	250,0	0,6
Линия 68	ранний	4,2	250,8	0,8
Линия Кит 132/12	среднеспелый	3,8	290,2	1,2
Линия Кит 277/13	среднеспелый	3,6	280,6	1,2
Линия Кит 173/16	среднеспелый	3,4	250,4	1,2
Линия Кит 187/16	среднеспелый	3,4	240,8	1,2
Линия Алм 12/10	среднеранний	3,4	180,8	1,2
Линия Макс	ранний	2,4	140,6	1,2
Линия Вал	ранний	2,8	160,9	1,6
Гибрид 1/16 (Л 47×Л Алм)	ранний	5,1	240,3	1,0
Гибрид 2/16 (Л 47×Л Вал)	ранний	4,8	220,4	1,0
Гибрид 2/17 (Л68×Л Алм)	ранний	4,6	230,4	1,0
Гибрид 4/18 (Л68×Л Вал)	ранний	4,8	240,8	1,2
Гибрид 6/18 (Л Макс×Л Вал)	ранний	4,0	220,3	1,2
НСР ₀₅		0,14	12,2	



Кит 132.12



Кит 177.16



Кит 187.16



F₁ Максик



Меч самурая



Образец с сильной шиповатостью



Умка



Халиф



F₁ Эскимо

показали сорта местной селекции Алмаз, Галич, Халиф, Меч самурая, F₁ Максик и гибрид из Китая F₁ EG 203. Полученный на основе этих образцов линейный материал в условиях жесткого инфекционного фона также показал относительно высокую устойчивость к болезням увядания. Этот материал также включен в селекционные программы (табл. 1, 2).

Расширение масштабов выращивания баклажан в весенних теплицах потребовало создания специальных сортов с небольшим габитусом растений, более слабой ветвистостью и облиственностью, полностью бесшипных и с высокой завязываемостью плодов. Компактный габитус позволяет создавать сорта с продолжительным периодом плодоношения, которые эффективно используют пространство теплицы при этом не самозагущаясь. Компактный габитус имело большое количество сортов из Южной Азии, но они все были мелкоплодными и больше подходили для контейнерной культуры. Из высокопродуктивных сортов с небольшим габитусом выделились сорта отечественной селекции Алмаз,

Галич, Кировский и украинский сорт Надир, а также гибриды F₁ Максик и F₁ Валентина. Бесшипность очень важна для облегчения проведения операций по сбору урожая, формировке и подвязке растений. Доноры признака бесшипности – образцы из Голландии, Италии и Франции. Среди старых отечественных сортов по этому признаку выделяется сорт Алмаз, являющийся сложной популяцией по степени шиповатости. Линейный материал с признаком бесшипности получен из сорта Алмаз и гибрида F₁ Валентина. Высокую завязываемость плодов в условиях теплиц показали гибриды из Италии и Франции, а также отечественный гибрид F₁ Максик. Свойство партенокарпии проявили сорта Халиф, Меч самурая, Десерт Голиафа и гибрид F₁ Максик.

Плоды баклажан широко используют не только в домашней кулинарии, но и в качестве сырья для консервной промышленности, а также в общественном питании. К сортам для каждого направления использования предъявляют специфические требования. Прежде всего эти требования касаются морфологии

и анатомии плодов. Если раньше выращивали только образцы с темно-фиолетовой, почти черной окраской плодов, то в последнее время все большей популярностью пользуются плоды с альтернативной окраской – зеленой, белой, пестрой. Зеленоплодные формы широко представлены в Китае. Крупные цилиндрические плоды имеет образец Кит 187/16, а плоды грушевидной формы Кит 132/12. Это наиболее урожайные образцы, имеющие комплекс хозяйственно ценных признаков. Белоплодные сортообразцы получены как из Китая, так и из Турции, есть они и среди сортов отечественной селекции. Округлые белые плоды имеют сорта отечественной селекции Снежный шар и Альбион, а цилиндрические – сорта Пеликан, Сосулька, Умка. Среди форм с пестрыми плодами выделяются сорт отечественной селекции Матросик и гибрид из Японии EP 11073 F₁. Образцы с лиловой окраской характерны для Китая. Они имеют более рыхлую мякоть, многоплодность и высокую продуктивность. Наиболее урожайным из изученных был образец Кит

177/16. Более плотную мякоть имели плоды сортов и гибридов отечественной селекции Донской 14, Батайский, Универсал 6, Алмаз, Галич. Среди иностранных выделены образец Green shoulder из Китая. Разнообразие образцов по форме, размерам и окраске плодов, их плотности, содержанию сахаров и другим признакам позволяет создавать исходный материал с требуемыми параметрами для различных направлений использования.

Выводы

Были изучены более 300 сортообразцов баклажан различного эколого-географического происхождения в условиях открытого и защищенного грунта и на провокационных фонах.

Среди изученных сортообразцов баклажан были выявлены геноносители ценных признаков для различных направлений селекции культуры в условиях юга России.

Из лучших образцов создан банк источников и до-



Оценка сортообразцов баклажана

норов наиболее важных признаков – коллекция генплазмы в количестве 75 линий. Линейный материал включал источники и доноры с высокой продуктивностью и комбинационной способностью (10), устойчивостью к болезням увядания и абиотическим

факторам среды (20), с разнообразным габитусом растений, различной окраской, формой и другими характеристиками плодов (45).

Источники и доноры ценных признаков активно вовлечены в селекционные программы по созданию сор-

тимента для юга России. Всего получено более 10 сортов и гибридов, отличающихся по направлениям использования, способам выращивания, с высокой продуктивностью и адаптивными качествами.

Библиографический список

1. Баклажан (*Solanum* spp.) / М.И. Мамедов, О.Н. Пышная, Е.А. Джос и др. М.: ВНИИССОК. 2015. 264 с.
2. Лудилов В.А., Фомин В.А. Томаты, перцы, баклажаны: рекомендации (Библиотека овощевода). Ростов-на-Дону: Ростиздат. 1981. 56 с.
3. Гераськина Н.В. Гетерозисная селекция баклажана // Картофель и овощи. 2015. №12. С. 35.
4. Магомедов Р.К. Хранение плодов баклажана: как сократить потери // Картофель и овощи. 2014. №4. С. 20-21.
5. Cericola F., Portis E., Toppino L. et al. Morphological and molecular diversity of an eggplant (*S. melongena* L.) germplasm collection. 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. P.575-580.
6. Boyaci F., Gumrukcu E., Topcu V., Unlu A., Oten M. Improvement of resistant eggplant lines against Fusarium (*F. oxysporum* Schlecht. f. sp. melongenae). 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. P.289-294.
7. Гераськина Н.В. Селекция баклажана для юга России // Картофель и овощи. 2016. №7. С. 33-34.
8. Кигашпаева О.П., Авдеев А.Ю. Новые сорта баклажана для консервирования // Картофель и овощи. 2016. №7. С. 35-36.
9. Гераськина Н.В. Усовершенствованная шкала шиповатости баклажана // Картофель и овощи. 2014. №4. С. 30-31.
10. Гераськина Н.В., Огнев В.В. Особенности выращивания белоплодных форм баклажана // Картофель и овощи. 2018. №7. С. 12-15.
11. Prasad V., Dwivedi V.K., Deshpande A.A., Singh B.K. Heterosis for yield and other yield contributing economic traits in eggplant (*S. melongena*). 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 697-700.
12. Trotta N., Pepe R., Rofrano G., Piro F. Morpho-phenological traits of parthenocarpic germplasm of *Solanum melongena* L. bred at the CRA Vegetable Research Center. 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 655-660.
13. Toppino L., Giovino A., Diliberto G. et al. Introgression breeding in eggplant for agronomical and ornamental purposes. 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 723-727.
14. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИО, 2011. 648 с.

Об авторах

Огнев Валерий Владимирович, канд. с.-х. наук, доцент, директор ССЦ «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск». E-mail: ognev@bk.ru

Гераськина Надежда Викторовна, канд. с.-х. наук, селекционер ССЦ «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск». E-mail: geraskina.89@mail.ru

References

1. Mamedov M.I., Pishnaya O.N., Dzhos E.A. et al. Eggplant (*Solanum* spp.). Moscow. VNISSOK. 2015. 264 p. (In Russ.).
2. Ludilov V.A., Fomin V.A. Tomatoes, peppers, eggplants. Rostov-on-Don. 1981. 56 p. (In Russ.).
3. Geras'kina N.V. Eggplant breeding for heterosis. Potato and vegetables. 2015. No12. P. 35 (In Russ.).
4. Magomedov R.K. Storage of eggplants: how to reduce losses. Potato and vegetables. 2014. No4. Pp. 20–21 (In Russ.).
5. Cericola F., Portis E., Toppino L. et al. Morphological and molecular diversity of an eggplant (*S. melongena* L.) germplasm collection. 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 575–580.
6. Boyaci F., Gumrukcu E., Topcu V., Unlu A., Oten M. Improvement of resistant eggplant lines against Fusarium (*F. oxysporum* Schlecht. f. sp. melongenae). 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 289–294.
7. Geras'kina N.V. Prospective breeding of eggplant in southern Russia. Potato and vegetables. 2016. No7. Pp. 33–34 (In Russ.).
8. Kigashpaeva O.P., Avdeev A.Yu. New cultivars of eggplant for canning. Potato and vegetables. 2016. No7. Pp. 35–36 (In Russ.).
9. Geras'kina N.V. Improved scale of assessment of eggplant thorns. Potato and vegetables. 2014. No4. Pp. 30–31 (In Russ.).
10. Geraskina N.V., Ognev V.V. Characteristics of growing white-fruit forms of eggplant. Potato and vegetables. 2018. No7. Pp. 12–15 (In Russ.).
11. Prasad V., Dwivedi V.K., Deshpande A.A., Singh B.K. Heterosis for yield and other yield contributing economic traits in eggplant (*S. melongena*). 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 697–700.
12. Trotta N., Pepe R., Rofrano G., Piro F. Morpho-phenological traits of parthenocarpic germplasm of *Solanum melongena* L. bred at the CRA Vegetable Research Center. 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 655–660 (In Russ.).
13. Toppino L., Giovino A., Diliberto G. et al. Introgression breeding in eggplant for agronomical and ornamental purposes. 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Torino. Italy. Pp. 723–727.
14. Litvinov S.S. Methodology of field experiment in vegetable production. Moscow. VNIIO. 2011. 648 p. (In Russ.).

Author details

Ognev V.V., Cand. Sci. (Agr.), associate professor, director of Rostovsky breeding centre of Poisk Agro Holding. E-mail: ognev@bk.ru

Geras'kina N.V., Cand. Sci. (Agr.), breeder of Rostovsky breeding centre of Poisk Agro Holding. E-mail: geraskina.89@mail.ru

Актуальные направления селекции на улучшение питательной ценности клубней картофеля

Current trends in breeding to improve nutritional value of potato tubers

Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Митюшкин Ал-р В., Гайзатулин А.С.

Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Mityushkin Al-r V., Gaizatulin A.S.

Аннотация

Abstract

Цель работы: изучение эффективности использования доноров и родительских линий при реализации важнейших направлений селекции на основе оптимальных вариантов гибридизации и отбора селекционно ценных генотипов для улучшения питательной ценности клубней новых перспективных сортов картофеля. Материал исследований: сортообразцы из коллекции ВИР и ВНИИКХ, созданные на основе межвидовой гибридизации и последующих возвратных скрещиваний с сортами *S. tuberosum*. Исследования проводили в 2008–2018 годах на экспериментальных базах ВНИИКХ «Коренево» и «Пышлицы» Московской области. В результате изучения гибридов выявлено трансгрессивное расщепление по крахмалистости клубней при накопительных скрещиваниях родителей с крахмалистостью 18–19%, существенно повышающее уровень этого признака в потомстве, слабо коррелирующего с урожайностью. Поэтому идентификация генотипов, сочетающих оба признака, отмечена только на уровне средней популяционной, совпадающей со средней крахмалистостью родителей, а результативность отбора низкокрахмалистых форм значительно выше, поскольку снижение уровня проявления признака не имеет отрицательной корреляции с урожайностью. Среди гибридов с высокой крахмалистостью (19–21%) клубней отмечены генотипы, содержащие от 50,6 до 61,5% крупных крахмальных гранул (>60 мкм), что обуславливает вероятность отбора форм с высоким качеством крахмала. Установлена высокая корреляционная связь (+0,897) содержания белка в клубнях родительских форм со средней белковостью потомства, что подтверждает наличие контроля этого признака аддитивно действующими полигенами. При этом в процессе естественного мейотического рекомбинационного процесса в гибридных популяциях наблюдается увеличение белковости клубней гибридов в крайних классах вариационного ряда до 3,5–3,9%, что превышает содержание белка контрольных образцов на 1,5–1,9%. При измерении антиоксидантной активности (АОА) сортообразцов коллекционного питомника установлен ее высокий уровень (1032–1280 мг/кг) у гибридов с пигментированной окраской кожуры и мякоти клубней, отличающихся высоким содержанием каротиноидов и антоцианов, определяющих ее уровень. Среди гибридного потомства от скрещивания красно-фиолетовых и красноклубневых родительских форм отмечено на 9,7–12,0% больше фенотипов с красно-фиолетовой окраской в сравнении с вариантами скрещивания одинаковых по окраске сортообразцов. Использование выделенных сортообразцов в качестве доноров комплекса хозяйственно полезных признаков позволяет ускорить селекционный процесс и сократить затраты на создание новых сортов картофеля с улучшенной питательной ценностью клубней.

The purpose of the work: to study the effectiveness of using donors and parent lines in the implementation of the most important areas of selection based on optimal hybridization options and selection of breeding valuable gene types to improve the nutritional value of tubers of new promising potato varieties. The research material: varietal samples from the collection of VIR and Lorch Potato Research Institute, created on the basis of interspecific hybridization and subsequent return crosses with varieties of *S. tuberosum*. The research was carried out in 2008–2018 at the experimental bases of Lorch Potato Research Institute «Korenevo» and «Pyshlitsy» Moscow region. As a result of studying hybrids transgressive cleavage of tubers by starchiness was found in accumulating crosses of parents with a starchiness of 18–19%, which significantly increases the level of this trait in the offspring, which is rarely correlated with yield. Therefore, identification of genotypes, combined the two features observed only at the level of the average population, coinciding with the average starch content parents, and the effectiveness of the selection low-starchy forms is much higher, since the decrease in the level of a trait has negative correlation with productivity. Hybrids with high starchiness (19–21%) of tubers, genotypes containing from 50.6 to 61.5% of large starch granules (> 60 mkm) are measured, which makes it possible to select forms with a high starch content. A high correlation (+0.897) of the protein content in tubers of the parent forms with the average protein content of the offspring was established, which confirms the presence of control of this feature by additive acting polygens. At the same time, during natural meiotic recombination in hybrid populations, the protein content of hybrid tubers in the extreme classes of the variation series increases to 3.5–3.9%, which exceeds the protein content of control samples by 1.5–1.9%. When measuring the antioxidant activity (AOA) of collectible nursery cultivars, its high level (1032–1280 mg/kg) was established in hybrids with pigmented skin and pulp of tubers, characterized by a high content of carotenoids and anthocyanins that determine its level. Among the hybrid offspring from the crossing of red-purple and red-tuberous parent forms, the largest number of phenotypes with red-purple color was noted, exceeding by 9.7–12% other variants. The use of selected variety samples as donors of a complex of economically useful features allows speeding up the selection process and reducing the cost of creating new potato varieties with improved nutritional value of the tubers.

Ключевые слова: картофель, селекция, питательная ценность, крахмалистость, белковость, антиоксиданты.

Key words: potatoes, selection, nutritional value, crunchiness, protein content, antioxidants.

Для цитирования: Актуальные направления селекции на улучшение питательной ценности клубней картофеля / Е.А. Симаков Б.В. Анисимов, С.В. Жевора, А.В. Митюшкин, А.А. Журавлев, Ал-р. В. Митюшкин, А.С. Гайзатулин // Картофель и овощи. 2020. №2. С. 35–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.18.2.008>

For citing: Current trends in breeding to improve nutritional value of potato tubers. E.A. Simakov, B.V. Anisimov, S.V. Zhevora, A.V. Mityushkin, A.A. Zhuravlev, Al-r V. Mityushkin, A.S. Gaizatulin. Potato and vegetables. 2020. No2. Pp. 35–40 (In Russ.). <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.18.2.008>

Сегодня важное значение картофеля как полноценного и достаточно доступного продукта питания в полной мере оценено населением многих стран, что способствовало его широкому распространению по всем континентам [1]. При этом высокая питательная ценность картофеля обуславливается содержанием комплекса веществ, столь необходимых для здорового питания человека: крахмала, полноценного белка, небелковых соединений (свободные аминокислоты и амиды), органических кислот, сахара, минеральных веществ, витаминов, жиров и липидов [2, 3]. Однако в последние годы реализация селекционных программ по картофелю проводится с учетом новых требований потребителей, связанных с необходимостью улучшения качества питания в жизни человека – снижения калорийности пищи, повышения содержания полноценного белка, витаминов и антиоксидантов [4, 5]. Учитывая изменившиеся требования к повышению качества продовольственного картофеля и целевому использованию урожая, селекционно-генетические исследования ВНИИКХ базируются на поиске и широком привлечении новых генетических источников, выделении доноров и родительских линий, проведении интрогрессивной гибридизации и анализе наследования хозяйственно полезных признаков в гибридном потомстве.

Условия, материал и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали свыше 200 сортообраз-

цов из коллекции ВИР и ВНИИКХ, созданных с использованием природных источников устойчивости из числа диких и культурных видов в результате межвидовой гибридизации и последующих возвратных скрещиваний с сортами *S. tuberosum*. На основе интрогрессии ценных генов от диких и культурных видов (*S. chacoense*, *S. vernei*, *S. stoloniferum*, *S. demissum*, *S. andigenum*) получены гибриды-беккроссы разных поколений с генами иммунитета к вирусам X, Y, полевою устойчивостью к фитофторозу и другим патогенам, которые оценивали в период 2008–2018 годов для идентификации доноров важнейших хозяйственно полезных признаков, обуславливающих, в том числе, и питательную ценность клубней картофеля. Для улучшения питательной ценности вновь создаваемого гибридного потомства в скрещивания включали свыше 70 доноров высокой крахмалистости, крупной фракции крахмальных гранул, содержания белка и антиоксидантов. В процессе исследований изучено более 2000 гибридных популяций от скрещиваний беккроссов высоких поколений, гибридов и сортов межвидового происхождения. Селекционные питомники закладывали в соответствии с методикой ВНИИКХ (2006) на экспериментальной базе «Пышлицы» Шатурского района Московской области. Крахмалистость определяли по удельному весу, а фракционный состав крахмальных гранул – безмикроскопным методом. Содержание белка в клубнях оценивали рефрактометрически, а антиоксидантную ак-

тивность сортообразцов (АОА) – амперметрическим методом с использованием прибора «Цвет Яуза-01-АА». Генетический анализ гибридных популяций по хозяйственно полезным признакам проводили в первом клубневом поколении, выращивая не менее 100 генотипов. Экспериментальные данные подвергали математической обработке с использованием пакета прикладных программ «ПК АВ-Stat.V-1.1.».

Результаты исследований

При оценке крахмалистости клубней сортов и гибридов, проведенной в разные по метеоусловиям годы, установлено, что широкий диапазон изменчивости можно наблюдать в течение одного вегетационного периода при анализе гибридных популяций различного происхождения. Так, амплитуда варьирования крахмалистости в 6 гибридных популяциях в 2014 году, благоприятном для формирования признака, составляла 14,7–27,6% (табл. 1). Это вполне согласуется с ранее полученными данными при анализе содержания крахмала в клубнях большой группы гибридных популяций различного генетического происхождения [6].

В неблагоприятных условиях для образования крахмала (избыточная влажность, слабая солнечная инсоляция, низкие температуры) широта варьирования признака резко уменьшалась, а нижняя граница изменчивости признака составляла 8,9%. Следует отметить, что данный количественный признак контролируется серией доминантных аддитивно действующих генов (полигенов), которые наследуются по тетрасоми-

Таблица 1. Изменчивость крахмалистости клубней в гибридных популяциях картофеля в различных условиях вегетации, 2013–2014 годы

Происхождение гибридной популяции	Испытано гибридов, шт.	Средняя крахмалистость, % (X±Sx)	Пределы варьирования, % (min–max)	Коэффициент вариации (Cv)	Отобрано гибридов с крахмалистостью ≥ 17%
2013 год					
88.16/20 × Зарево	154	14,0±0,75	10,9-18,4	19,11	20,8
Нида × Сатурна	175	15,3±0,48	12,2-18,2	18,75	21,4
1977-76 × Зарево	172	16,2±0,49	12,8-18,8	16,41	24,6
Сантана × Инноватор	153	14,9±0,36	11,4-17,7	20,72	22,9
946-3 × Журавинка	144	13,5±0,29	8,9-16,9	25,81	18,1
Сатурна × Наяда	157	15,7±0,64	10,4-16,5	17,21	19,4
2014 год					
Фрителла × Зарево	162	19,2±0,82	16,2-27,6	29,35	43,1
Кребелла × Адретта	142	17,3±0,61	14,7-20,4	25,70	29,2
Адретта × Инноватор	168	18,1±0,54	15,9-21,2	24,36	30,4
Никулинский × Зарево	184	18,8±0,78	15,6-22,3	26,13	36,2
Фрителла × Адретта	172	17,5±0,64	14,5-22,0	28,71	41,0
Чифтейн × КоLETTE	138	16,9±0,49	14,8-19,7	26,26	39,1
НСР _{0,05}		0,72			

Таблица 2. Оценка высококрахмалистых гибридов по размеру крахмальных гранул, 2013-2014 годы

Происхождение гибридов	Крахмалистость, %	Содержание крахмальных гранул по фракциям, %		
		≥ 60 мкм	40–59 мкм	≤ 39 мкм
Кребелла × Адретта	19,2	50,6	37,1	12,3
Фрителла × Адретта	19,8	52,4	38,2	9,4
Адретта × Инноватор	20,2	55,7	36,7	7,6
Никулинский × Зарево	20,8	60,2	31,6	8,2
Фрителла × Зарево	21,1	61,5	31,1	7,4
HCP _{0,05}	0,59			

ческому типу, свойственному автотетраплоидам, к которым принадлежит вид *S. tuberosum* [7].

В соответствии с выявленными закономерностями наследования признака, среди проанализированных родительских форм с крахмалистостью 17–18%, оцененных по потомству от самоопыления, выделены генотипы, содержащие шесть доминантных аллелей (сорта Зарево, Адретта, Кребелла, Эффект и др.). При этом каждый аллель способствовал формированию в среднем 3,0–3,5% крахмала. Гомозиготными по обоим локусам генотипами, содержащими 8 доминантных аллелей, оказались сорта Зарево и происходящий от него сорт Батя, крахмалистость которых в благоприятных условиях вегетации достигала 22–24%. Однако уровень урожайности этих сортов оказался невысоким. Это результат отрицательной корреляции между крахмалистостью и урожайностью. Одновременно выявлено,

что при скрещивании или самоопылении генотипов с крахмалистостью 18–19%, в потомстве отмечается трансгрессивное расщепление по крахмалистости, присущее аддитивно действующим полигенам и характеризующееся появлением положительных и отрицательных трансгрессий. В селекционном процессе их использование возможно как в целях повышения уровня этого признака, так и его снижения. Накапливающие скрещивания высококрахмалистых родителей между собой существенно повышают уровень этого признака в потомстве, однако отрицательная корреляция с урожайностью ограничивает результативность отбора ценных рекомбинантов. Отбор генотипов, сочетающих оба признака, отмечается только на уровне средней популяционной, которая совпадает со средней крахмалистостью родителей. Наиболее эффективный метод повышения средней популяционной – подбор высококрахма-

листых родительских форм, отличающихся генетической отдаленностью. В этом случае перекомбинация высокой крахмалистости и урожайности осуществляется за счет трансгрессивного рекомбиногенеза.

Поэтому успех селекции в направлении повышения содержания крахмала в клубнях определяется уровнем крахмалистости компонентов гибридизации. Селекция на качество картофельного крахмала. По результатам оценки гибридов с высокой крахмалистостью (19–21%) установлено, что некоторые из них характеризуются крупными крахмальными зернами (≥60 мкм), доля которых составляет более 50% (табл. 2). Это обуславливает возможность целенаправленной селекции генотипов с высоким качеством крахмала, что вполне согласуется с новыми фактами, подчеркивающими важность картофельного крахмала в повседневном питании человека. Неперевариваемый картофельный

Таблица 3. Изменчивость содержания белка в клубнях гибридных популяций картофеля, 2015-2016 годы

Происхождение гибридных популяций	Содержание белка в клубнях родительских форм		Испытано гибридов, шт.	Среднее содержание белка в клубнях гибридного потомства, (X±Sx)	Коэффициент вариации, (Cv)	Распределение гибридов по уровню содержания белка						
	♀	♂				Менее 1,00	1,00–1,39	1,40–1,79	1,80–2,19	2,20–2,59	2,60–2,99	3,00 и более
Русский сувенир × Накра	1,9	2,0	100	1,93±0,04	20,9	1	6	17	20	30	22	4
Памяти Рогачева × Никулинский	1,6	2,0	102	1,63±0,04	22,7	8	10	29	35	17	3	-
Антонина × Василек	1,9	2,0	101	1,92±0,05	26,5	7	5	9	27	23	19	11
Крепыш × Накра	1,1	1,5	105	1,53±0,06	28,5	18	17	28	22	11	9	-
Ирбитский × Фрителла	1,0	1,5	104	1,21±0,03	24,5	28	39	21	7	5	4	-
Фрителла × Накра	2,2	2,0	100	1,47±0,04	29,9	12	26	32	15	8	3	4
Матушка × Никулинский	2,5	2,0	100	2,38±0,04	16,7	-	3	2	5	17	34	39
Василек × Свистанок Киевский	2,5	1,5	100	1,73±0,04	23,1	2	9	28	33	18	6	4
HCP _{0,05}				0,48								

Таблица 4. Частота встречаемости фенотипов с различной окраской клубней в гибридных популяциях картофеля, 2015-2016 годы

Происхождение гибридных популяций	Окраска клубней родительских форм		Оценено фенотипов, шт.	Количество фенотипов с различной окраской клубней, %			
	♀	♂					
Роко × Леди Розетта	красная	красная	245	красная/56,3	желтая/37,2	бежевая/6,5	-
ГК 153-25 × Bora Valley	синяя	синяя	198	синяя/58,6	красно-фиолетовая/21,7	желтая/17,2	бежевая/ 2,5
4634-8 × Фиолетовый	красно-фиолетовая	красно-фиолетовая	174	красно-фиолетовая/57,5	синяя/22,4	желтая/18,4	бежевая/3,4
Василек × Кураж	красно-фиолетовая	красная	205	красно-фиолетовая/68,3	красная/19,1	желтая/9,8	бежевая/2,8

крахмал в организме человека расщепляется и всасывается довольно медленно, поэтому картофельные блюда разрешается включать в диету больных сахарным диабетом [8].

Однако для диетических целей наиболее эффективно использовать низкокрахмалистые сорта, которые значительно снижают риск включения углеводов в рацион питания больных. Селекция в направлении низкой крахмалистости осуществляется значительно легче по сравнению с селекцией высококрахмалистых генотипов, поскольку снижение уровня проявления признака не имеет отрицательной корреляции с урожайностью. Поэтому эффективно использовать низкокрахмалистые родительские формы в скрещиваниях между собой при их подборе с учетом генетической отдаленности, так как в их потомстве легко

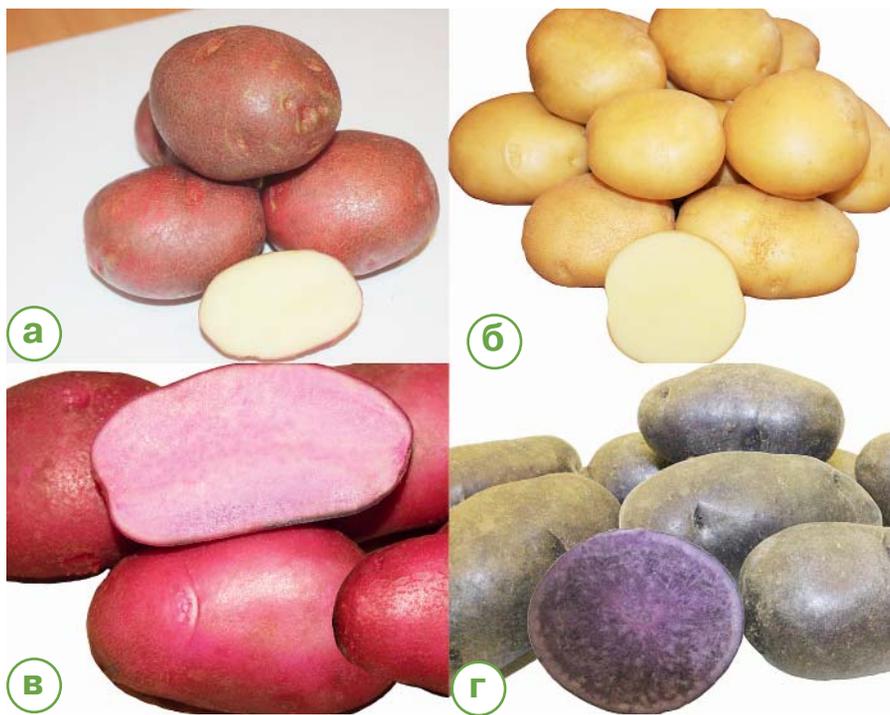
отобрать генотипы с крахмалистостью до 8%. В частности, низкокрахмалистые формы (6,7–8,5%) отмечены также в популяциях от скрещивания среднеспелых и среднепоздних родительских форм. Однако низкая крахмалистость гибридов, как правило, связана с поздним сроком созревания и отбор таких образцов малоэффективен, так как они отличаются нестабильностью показателей и в оптимальных условиях вегетации могут иметь повышенную крахмалистость. Отбор низкокрахмалистых форм необходимо проводить в оптимальных условиях для формирования признака и оценивать потенциал отобранного генотипа по верхней границе крахмалонакопления.

Селекция картофеля на повышение содержания белка. Согласно данным наших исследований по изучению 24 гибридных популяций, из-

менчивость признака белковости в зависимости от влияния различных факторов довольно значительная и варьировала от 0,8 до 3,2% (табл. 3).

При этом степень изменчивости признака примерно в равных долях зависела от условий вегетационного периода и генотипических особенностей гибридных популяций. Одновременно установлена высокая положительная связь между содержанием белка в клубнях родительских форм и средней белковостью потомства (коэффициент корреляции +0,897). Высокие значения коэффициента свидетельствуют об эффективности подбора родительских пар по фенотипу и подтверждают контролирование признака белковости аддитивно действующими полигенами, суммарный эффект которых определяет трансгрессивное расщепление признака в потомстве. Полученные данные показывают, что за счет естественного мейотического рекомбинационного процесса в гибридных популяциях возможно увеличение белковости клубней у гибридов в крайних классах вариационного ряда до 3,5–3,9%, что выше содержания белка в клубнях современных сортов на 1,5–1,9%. Следует подчеркнуть, что поскольку частота встречаемости гибридов с повышенным содержанием белка невысокая, необходимо оценить 2–4 поколения гибридов от накапливающих скрещиваний при использовании отобранных генотипов в новых циклах гибридизации. Подбор по белковости также должен проводиться с учетом генетических различий и происхождения родительских форм.

Успешная селекция на повышенную белковость сдерживается из-за отсутствия экспресс-метода определения содержания белка в клубнях, который необходим для массовой оценки генотипов при большом объеме гибридных популяций, что поз-



Измюминка-а, Метеор-б, Сюрприз-в, Фиолетовый-г

воляет выделить крайние варианты с высоким содержанием белка.

Селекция на повышенную антиоксидантную активность. Создание сортов картофеля, обладающих антиоксидантными свойствами, имеет важное социальное значение, так как доступность картофеля позволяет обеспечивать ценным диетическим продуктом широкие слои населения. Селекционная работа по созданию столовых диетических сортов ведется с начала нового тысячелетия и уже созданы сорта с высоким содержанием каротиноидов и антоцианов, отличающихся красной и фиолетовой мякотью клубней [9]. Указанные пигменты – основа биологических антиоксидантов, обладающих высокой способностью связывать свободные радикалы и ингибировать процесс их накопления в организме человека. В наших исследованиях для измерения суммарной антиоксидантной активности (АОА) использован амперметрический метод измерения с применением нового высокочувствительного прибора «Цвет-Яуза-01-АА», который позволяет проводить прямые количественные измерения исследуемых проб. При изучении уровня АОА у сортов коллекционного питомника картофеля показатели варьировали от 1080 мг/кг до 240 мг/кг, а среди гибридов – от 1280 до 300 мг/кг. По результатам исследований установлено, что, как правило, наиболее высоким содержанием антиоксидантов отличались сортообразцы с окрашенной кожурой и мякотью клубней. В частности, высокие показатели АОА имели сорта Кураж с красной окраской кожуры и желтой мякотью клубней (1080 мг/кг) и Василек с красно-фиолетовой окраской кожуры и белой с розовыми вкраплениями мякотью клубней (1052 мг/кг), антиоксидантная активность которых обусловлена наличием каротиноидов и антоцианов. Среди гибридов высокие показатели АОА также имели образцы с пигментированной окраской мякоти (1032–1280 мг/кг), указывающей на высокое содержание биологических антиоксидантов.

При анализе родословной гибридов с пигментированной окраской кожуры и мякоти клубней установлено, что при скрещивании родительских форм с красноокрашенными клубнями (генотип RE × RE) частота встречаемости красноклубневых форм в гибридном потомстве составила 56,3% (табл. 4). Аналогичное расщепление выявлено также при скрещивании родителей с сине- и красно-фиолетовыми клубнями, имеющих генотип РЕ.

При скрещивании разноцветных по окраске клубней сортообразцов (РЕ × RE) в потомстве доля гибридов с красно-фиолетовой пигментацией гораздо выше, чем с красной, поскольку ген Р подавляет проявление гена R. Контролирование признака пигментации клубней доминантными независимыми генами обеспечивает получение успешных результатов по перекомбинированию признаков окраски с комплексом хозяйственно ценных показателей. Это подтвердили результаты оценки группы гибридов с сине- и красно-фиолетовыми клубнями по уровню антиоксидантной активности. Характерно, что все эти гибриды происходят от скрещивания родительских форм со средними и высокими показателями АОА – от 432 до 600 мг/кг, что свидетельствует о накоплении антиоксидантов в потомстве при использовании родителей соответствующих уровней селективируемого признака. Следует отметить, что средние показатели АОА присущи большинству сортообразцов картофеля, поэтому для повышения содержания антиоксидантов в клубнях селекционных гибридов (до 2000–3000 мг/кг) необходим анализ потомства от разных типов скрещивания для изучения закономерностей наследования признака антиоксидантной активности.

Выводы

В результате изучения свыше 200 сортообразцов из коллекции ВИР и ВНИИКС, созданных на основе интродукции ценных генотипов от диких и культурных видов (*S. chacoense*, *S. vernei*, *S. stoloniferum*, *S. demissum*, *S. andigenum*), выделены более 70 гибридов-беккроссов и сортов с их участием для использования в качестве доноров комплекса хозяйственно полезных признаков, отличающихся, в том числе, питательной ценностью клубней. При скрещивании сортообразцов с крахмалистостью 18–19% в потомстве отмечено трансгрессивное расщепление по крахмалистости, характеризующееся появлением как положительных (высококрахмалистых), так и отрицательных (низкокрахмалистых) генотипов. Среди гибридов с высокой крахмалистостью (19–21%) клубней выявлены образцы, содержащие от 50,6 до 61,5% крупных крахмальных гранул (>60 мкм), что подтверждает вероятность отбора генотипов с высоким качеством крахмала. Анализ гибридных популяций по белковости клубней показал, что увеличение этого показателя у генотипов в крайних классах вариационного ряда составляет 3,5–3,9%, что превышает

среднее содержание белка контрольных образцов на 1,5–1,9%. При оценке суммарной антиоксидантной активности сортообразцов коллекционного питомника установлен ее высокий уровень (1032–1280 мг/кг) у гибридов с пигментированной окраской кожуры и мякоти клубней. Частота встречаемости таких гибридов в потомстве от скрещивания родительских форм только с сине- или красно-фиолетовой окраской клубней сохранялась практически на одном уровне, в то время как в скрещиваниях красно-фиолетовых и красноклубневых компонентов количество фенотипов с красно-фиолетовой окраской возрастало на 9,7–12,0%. При этом контроль признака пигментации клубней доминантными независимыми генами обеспечивает успешное перекомбинирование окраски с комплексом хозяйственно полезных признаков, среди которых и высокий уровень антиоксидантной активности. Использование выделенных сортообразцов в качестве доноров комплекса хозяйственно полезных признаков позволяет ускорить селекционный процесс и сократить затраты на создание новых сортов картофеля с улучшенной питательной ценностью клубней.

Библиографический список

1. Horton D. La Papa: Produccion, comercializacion y programas // Co-publication of the Internacional Potato Center. Lima: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, 2002. P. 1–270.
2. Haase N.U. Veränderungen der Inhaltsstoffe von Speisekartoffeen durch Lagerung und Verarbeitung // Kartoffelbau. 2002. V.53. №7. S. 284–289.
3. Шпаар Д. Картофель (выращивание, уборка, хранение). М.: ООО «ДЛВ Агродело», 2007. 457 с.
4. Landrum J., Bone R. Lutein, zeaxanthin and macular pigment // Arch. Biochem. Biophys. 2001. V. 385. Pp. 28–40.
5. Reyes L.F., Miller J.C., Cisneros-Zevallos L. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple and red fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes // Amer. J. Potato Res. 2005. V. 82. Pp. 271–277.
6. Яшина И.М. Генетические основы селекции сортов картофеля на повышенную крахмалистость клубней // Генетика. 1982. Т. 18. №7. С. 1135–1143.
7. Яшина И.М. Генетические аспекты использования исходного материала в селекции картофеля // Вопросы картофелеводства: сб. науч. тр. ВНИИХ. М.: ВНИИХ, 2004. С. 3–17.
8. Симаков Е.А., Яшина И.М., Склярлова Н.П. Эффективность селекционного отбора при оценке гибридных популяций картофеля в различных эколого-географических условиях // Картофелеводство: сб. науч. тр. РУП НПЦ НАН Беларуси по картоф-ву и плодовоощ. Минск: Мерлит, 2003. Ч. I. С. 92–100.
9. Brawn C.R., Wrolstadt R., Durst C.P. Breeding studies in potato containing high concentrations of anthocyanins // Am. potato J. 2003. V. 8. P. 241–250.

References

1. Horton D. La Papa: Produccion, comercializacion y programas. Co-publication of the Internacional Potato Center.-Lima: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, 2002. Pp. 1–270.
2. Haase N.U. Changes in the ingredients of Ware potatoes through storage and processing. 2002. V. 53. №7. Pp. 284–289.
3. Shpaar D. Potatoes (growing, cleaning, storage). Moscow: LLC Agrodello, 2007. 457 p. (In Russ.)
4. Landrum J., Bone R. Lutein, zeaxanthin and macular pigment. Arch. Biochem. Biophys. 2001. V. 385. Pp. 28–40.
5. Reyes L.F., Miller J.C., Cisneros-Zevallos L. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple and red fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. Amer. J. Potato Res. 2005. V. 82. Pp. 271–277.
6. Yashina I.M. Genetic basis of breeding of potato varieties for high starch content of tubers. Genetics. 1982. V. 18. No7. Pp. 1135–1143 (In Russ.)
7. Yashina I.M. Genetic aspects of using the source material in potato breeding. Questions of potato growing. Coll. of proc. Lorch pot. res. Moscow, 2004. Pp. 3–17 (In Russ.)
8. Simakov E.A., Yashina I. M., Sklyarova N. P. Efficiency of selection in evaluating hybrid potato populations in various ecological and geographical conditions. Potato growing. Coll. of proc. RUP NPC of the National Academy of Sciences of Belarus. Minsk: Merlit, 2003. V. I. Pp. 92–100 (In Russ.)
9. Brawn C.R., Wrolstadt R., Durst C.P. Breeding studies in potato containing high concentrations of anthocyanins. Am. potato J. 2003. V. 8. Pp. 241–250.

Об авторах

Симаков Евгений Алексеевич (ответственный за переписку), доктор с.-х. наук, профессор, зав. отделом экспериментального генофонда. E-mail: vniikh@mail.ru
 Анисимов Борис Васильевич, канд. биолог. наук, зав. лабораторией сертификации и стандартизации
 Жевора Сергей Валентинович, канд. с.-х. наук, директор
 Митюшкин Алексей Владимирович, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией селекции сортов для переработки
 Журавлев Алексей Алексеевич, канд. с.-х. наук, с.н.с.
 Митюшкин Александр Владимирович, канд. с.-х. наук, с.н.с.
 Гайзатулин Александр Сергеевич, н.с.
 ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха

Author details

Simakov E.A. (author for correspondence), D. Sci. (Agr.), head of the experimental gene pool department. E-mail: vniikh@mail.ru
 Anisimov B.V., Cand. Sci. (Biol.), head of the certification and standardization laboratory
 Zhevora S.V., Cand. Sci. (Agr.), director
 Mityushkin A.V., Cand. Sci. (Agr.), head of the laboratory for selection of varieties for processing
 Zhuravlev A.A., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow
 Mityushkin A.V., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow
 Gaizatulin A.S., research fellow
 Lorch Potato Research Institute

Изменчивость морфологических параметров семян в сортопопуляциях моркови столовой

Variability of morphological parameters of seeds in varieties of carrots

Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Маврина П.О., Корнев А.В., Еремина Н.А.

Bukharov A.F., Baleev D.N., Mavrina P.O., Kornev A.V., Eremina N.A.

Аннотация

Abstract

Показаны перспективы семейственного отбора по комплексу морфометрических параметров. Объектом исследований служили семена четырех сортов столовой моркови. Изучены семена индивидуально отобранных растений сортов Шантене 2461 (стандарт), Рогнеда, Лосиноостровская 13, Арго. Измерения проводили с использованием штангенциркуля, видеоокуляра DCM 300 MD микроскопа Микромед 1 при 40-кратном увеличении. Показаны существенные различия по размерам семян, эндосперма и зародыша как на уровне сортовых популяций, так и на уровне отобранных из них семей. Выявлены семьи, которые существенно превышали среднее значение сортовой популяции на 4,8–6,9% по длине семени, 5,4–6,3% по длине эндосперма и 9,2–16,0% по длине зародыша. Коэффициент вариации в пределах сортовых популяций изменялся от 8,1% до 12,8% по длине семени, от 9,9% до 11,4% по длине эндосперма и от 12,2% до 16,1% по длине зародыша, указывая на относительно низкую степень изменчивости изученных параметров. Однако лимиты изменчивости изученных признаков обеспечивают возможности для проведения эффективного отбора. Выявлена тесная корреляционная связь между линейными размерами семени и эндосперма от 0,724 до 0,925. Отсутствие жестких корреляционных связей между линейными размерами зародыша и эндосперма обеспечивают широкие возможности для комбинационной селекции. Значению индекса $I_{3/3}$ большая часть семей (65%) принадлежит к третьему классу, и только отдельные семьи преодолели 40%-й барьер по этому показателю и их можно отнести к четвертому классу. Максимальное значение индекса $I_{3/3}$ имели: семья №3 (0,43) из сорта Арго, семьи №1 (0,42) и №2 (0,41) из сорта Лосиноостровская 13, семьи №2 (0,41) и №5 (0,41) из сорта Рогнеда. Показана важная роль индекса $I_{3/3}$ (отношение длины зародыша к длине эндосперма) для оценки семян по степени недоразвития зародыша и использования его при отборе.

The prospects of family breeding by a complex of morphometric parameters are shown. The object of research was the seeds of four varieties of carrots. The seeds of individually selected plants of varieties Chantene 2461 (standard), Rogneda, Losinoostrovskaya 13, Argo were studied. Measurements were carried out using a caliper, DCM 300 MD microscope Micromed 1 video eyepiece at 40 magnification. Significant differences in the sizes of seeds, endosperm and embryo are shown both at the level of varietal populations and at the level of families selected from them. Families were identified that significantly exceeded the average value of the varietal population by 4.8–6.9% along the length of the seed, 5.4–6.3% along the length of the endosperm and 9.2–16.0% along the length of the embryo. The coefficient of variation within varietal populations varied from 8.1% to 12.8% along the length of the seed, from 9.9% to 11.4% along the length of the endosperm and from 12.2% to 16.1% along the length of the embryo a relatively low degree of variability of the studied parameters. However, the variability limits of the studied traits provide opportunities for effective breeding. A close correlation between the linear sizes of the seed and endosperm from 0.724 to 0.925 was revealed. The absence of rigid correlation between the linear dimensions of the embryo and endosperm provides ample opportunities for combination selection. Most of the families (65%) belong to the third class with the $I_{3/3}$ index value, and only individual families have overcome the 40% barrier in this indicator and can be attributed to the fourth class. The maximum value of the $I_{3/3}$ index was for the selected family No. 3 (0.43) from the Argo variety, family No1 (0.42) and No2 (0.41) from the Losinoostrovskaya 13 variety, family No2 (0.41) and No5 (0.41) from the Rogneda variety. The important role of the $I_{3/3}$ index (the ratio of the length of the embryo to the length of the endosperm) for assessing seeds by the degree of underdevelopment of the embryo and its use in selection is shown.

Key words: carrots, seeds, morphometric parameters, correlation, seed science, family selection.

For citing: Variability of morphological parameters of seeds in varieties of carrots. A.F. Bukharov, D.N. Baleev, P.O. Mavrina, A.V. Kornev, N.A. Eremina. Potato and Vegetables. 2020. No5. Pp. 32-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.12.89.003> (In Russ.).

Ключевые слова: морковь, семена, морфометрические параметры, корреляция, семеноведение, семейственный отбор.

Для цитирования: Изменчивость морфологических параметров семян в сортопопуляциях моркови столовой / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, П.О. Маврина, А.В. Корнев, Н.А. Еремина // Картофель и овощи. 2020. №5. С. 32-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.12.89.003>

Основная особенность семян моркови и других овощных зонтичных культур – недоразвитый зародыш, что накладывает отпечаток на многие их свойства. Это приводит к замедлению процесса прорастания, поскольку прежде, чем произойдет наклевывание, зародыш должен в течение определенного времени доразвиться внутри семени [1, 2, 3]. Недоразвитие зародыша вызывает склонность семян впадать в состояние покоя, что также

может приводить к увеличению периода прорастания [4, 5, 6].

Семена моркови, как и других овощных зонтичных культур, подвержены сильному влиянию внешних и внутренних факторов, воздействие которых в процессе выращивания может в значительной степени снизить их физиологические, морфологические, физико-механические свойства [7, 8, 9, 10]. Поэтому для моркови характерно яркое проявление разнокачественности, как по

внешним признакам, так и по внутреннему строению семян [6, 11].

Для получения семян моркови высокого качества (пригодных для посева сеялками точного высева) активно разрабатывают оригинальные технологические методы выращивания, очистки, сортировки и предпосевной обработки за счет фенотипической пластичности технологических параметров [12, 13, 14]. Кроме того, явно недостаточно используются биологические (генетически обус-

ловленные) возможности улучшения посевных качеств семян овощных зонтичных культур методами селекции. В то же время известно, что вклад сортового (наследственного) фактора в изменчивость параметров, характеризующих развитие внутреннего морфологического строения семян, может быть очень значительным, а иногда оказывать решающее влияние, поскольку само явление гетероспермии – следствие адаптивной эволюции [15, 16, 17, 18].

Цель работы – изучить внутреннее строение семян индивидуально отобранных растений в нескольких сортовых популяциях моркови столовой и оценить перспективы семейственного отбора по комплексу морфометрических параметров.

Условия, материал и методы исследований

Исследования выполнены в 2018–2019 годах во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО). Объектом исследований служили семена моркови. Изучены семена индивидуально отобранных растений (семей – потомств, полученных от

одного перекрестно опыляемого растения) сортов Шантенэ 2461 (стандарт), Рогнеда, Лосиноостровская 13, Арго, выращенных в открытом грунте в условиях Московской области. Посев моркови столовой проводили ручной селекционной сеялкой во второй декаде мая с междурядьями 70 см при норме высева 700–800 тыс. всхожих семян на гектар. Площадь делянки 10 м². Повторность опыта трехкратная. Маточки высаживали в последней декаде апреля, по схеме 100 × 20 см. Уборку проводили на 50 день после начала цветения. Семена сушили и хранили в лабораторных условиях.

Метеорологические условия 2018 года складывались так, что весна была жаркой. Средняя температура в мае (16,6 °С) была выше среднесуточной (11,7 °С). Осадков в мае выпало на уровне среднесуточного значения, но большая часть – в виде ливневых дождей сразу после посева, образовав почвенную корку, которая вызвала частичную гибель всходов и их задержку до 28 суток. Среднесуточная температура июня (18,4 °С) была выше среднесуточной (15,4 °С). Осадков в июне выпало вдвое меньше среднесуточного значения, что в на-

ших условиях было неблагоприятно для развития семенных растений на начальном этапе роста. Июль был жарким и сухим: в первой декаде июля среднесуточная температура воздуха составила 18,0 °С, во второй декаде – 21,0 °С, в третьей – 23,7 °С, сумма осадков – 66,0 мм. Период цветения моркови начался в конце июня, когда выпало крайне малое количество осадков (1,5 мм). Опыление моркови было затруднено. Август был жаркий (среднесуточная температура 20,0 °С), осадков выпало мало – 29,5 мм. В сентябре стояла теплая и сухая погода, которая благоприятствовала уборке корнеплодов и семенных растений.

Весна в 2019 году была жаркой и засушливой. Средняя температура в мае (16,5 °С) была значительно выше среднесуточной (11,7 °С). Осадков в мае выпало значительно меньше уровня среднесуточных значений. Среднесуточная температура июня (20,4 °С) была выше среднесуточной (15,4 °С). Осадков в первой и второй декадах не выпало, в третью декаду, наоборот, их было слишком много (56,5 мм), что в данных условиях было неблагоприятно для формирования корнеп-

Таблица 1. Значение морфометрических параметров различных сортов, мм (2018–2019 годы)

№ семьи	Шантенэ 2461 (st)		Рогнеда		Лосиноостровская 13		Арго	
	Хср ± Sx	V, %	Хср ± Sx	V, %	Хср ± Sx	V, %	Хср ± Sx	V, %
Длина семени								
1	3,11±0,025	8,1	3,67±0,035*	9,6	3,48±0,037	10,7	2,90±0,028	9,8
2	3,22±0,021	6,6	3,70±0,038*	10,4	3,70±0,032*	8,7	2,79±0,025*	9,1
3	3,30±0,025	7,7	3,35±0,029	8,7	3,46±0,029	8,5	3,21±0,023*	7,2
4	3,42±0,027	8,0	3,41±0,031	9,2	3,38±0,033	9,9	3,04±0,033	11,0
5	3,25±0,029	9,0	3,34±0,036	10,9	3,27±0,024*	7,4	3,11±0,037	12,0
Ср.	3,26±0,026	8,1	3,49±0,037	10,7	3,46±0,031	9,1	3,01±0,038	12,8
Длина эндосперма								
1	2,70±0,023	10,1	3,42±0,032*	9,5	3,04±0,029	9,6	2,40±0,025	10,5
2	2,81±0,027	9,7	3,36±0,036*	10,8	3,32±0,027*	8,2	2,21±0,029*	13,3
3	2,92±0,029	10,0	3,09±0,029	9,5	3,12±0,032	10,4	2,54±0,028*	11,1
4	3,02±0,027*	9,0	3,01±0,027	9,1	3,16±0,026	8,3	2,39±0,025	10,6
5	2,80±0,024	8,7	2,97±0,028*	9,5	3,11±0,035	11,4	2,42±0,024	10,0
Ср.	2,85±0,028	9,9	3,17±0,031	9,9	3,15±0,033	10,6	2,39±0,027	11,4
Длина зародыша								
1	1,07±0,012	11,3	1,29±0,012	9,3	1,29±0,013	9,7	0,86±0,012	14,1
2	1,10±0,011	10,1	1,39±0,016*	11,6	1,36±0,014*	10,4	0,88±0,014	16,0
3	1,19±0,016*	13,6	1,21±0,018	15,0	1,21±0,012	10,0	1,09±0,012*	11,1
4	1,13±0,014	12,5	1,16±0,014	9,9	1,18±0,012	10,3	0,91±0,012	13,3
5	0,95±0,011	11,7	1,22±0,012	9,9	1,17±0,011	9,5	0,78±0,011*	14,2
Ср.	1,09±0,015	13,9	1,25±0,015	12,2	1,24±0,015	12,2	0,94±0,015	16,1

* различия с контролем существенны при 5%-ном уровне значимости

Таблица 2. Коэффициенты корреляции (r) основных параметров семян (2018–2019 годы)

Сорт	Семя-эндосперм	Семя-зародыш	Эндосперм-зародыш
Арго	0,764–0,912	0,166–0,227	0,142–0,312
Шантенэ 2461	0,730–0,877	0,224–0,319	0,178–0,254
Рогнеда	0,811–0,925	0,189–0,321	0,188–0,389
Лосиноостровская 13	0,724–0,849	0,246–0,312	0,232–0,341

лодов и развития семенных растений на начальном этапе роста. Июль был теплым: в первой декаде июля среднесуточная температура воздуха составила 17,0 °С, во второй декаде – 16,1 °С, в третьей – 18,5 °С; первая и третья декады – сухие. Период цветения моркови начался в конце июня, когда выпало небольшое количество осадков (43,2 мм). Опыление моркови прошло без затруднений. Август был теплый (среднесуточная температура 16,7 °С), осадков в третьей декаде не было. В сентябре стояла теплая и сухая погода, которая благоприятствовала уборке корнеплодов и семенных растений.

В целом, метеорологические условия 2018–2019 годов складывались неблагоприятно для формирования корнеплодов и созревания семян моркови.

Измерение длины семени и эндосперма проводили с использованием штангенциркуля. Длину зародыша с использованием микроскопа Микромед 1 (Микромед, Китай) и видеоокуляра DCM 300 MD (Microscope Digital, Китай) при 40-кратном увеличении, с помощью программы Scope Photo (Image Software V.3.1.386). Семена предварительно замачивали в 14%-ном водном растворе гипохлорита натрия в течение одного часа. Анализировали последовательно длину каждого семени, эндосперма (продольный разрез) и зародыша (выделяли путем разрезания семени). Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 50 семян. Существенность различий между сортами, а также между семьями и средним по сорту, определяли по Б.А. Доспехову. Взаимосвязь между параметрами оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона.

Сорт Шантенэ 2461 создан на Западно-Сибирской овощекартофельной селекционной опытной станции более 70 лет назад методом скрещивания образцов типа Шантенэ, выращенных в различных условиях, с последующим индивидуальным и семейственным отбором. Сорт широко востребован и в настоящее время, поскольку об-

ладает высокой адаптивной способностью. Vegetационный период 110–120 дней. Отличается высокой лежкостью. Урожайность 6–9 кг/м². Форма корнеплода коническая с тупым кончиком. Длина корнеплода 12–16 см, масса – 110–210 г. В результате многолетней селекционно-семеноводческой работы удалось не только сохранить апробационные признаки, но и улучшить биохимические и вкусовые качества. Содержание сухого вещества 11–13%, общего сахара 6–8%, каротина 10–15 мг%. Накопление нитратов очень низкое – 20–50 мг/кг.

Сорт Рогнеда выведен на Воронежской овощной опытной станции методами массового и семейственного отборов из популяции, полученной от скрещивания сортов Шантенэ 2461 и Нантская 14. Среднеспелый. Vegetационный период 110–120 дней. Общая урожайность достигает 8 кг/м². Выход товарных корнеплодов – 90%. Лежкость – до 95%.

Сорт Лосиноостровская 13 выведен НИИ овощного хозяйства отбором из популяции, полученной от совместного переопыления сортов с корнеплодами цилиндрического типа (Нантская 4, Нантская 14, Тушон, Амстердамская и др.). Среднеспелый сорт. Сортотип Берликум/Нантская. Период от всходов до уборки урожая 90–110 дней. Корнеплод цилиндрический, слабо сужающийся к основанию. Длина 15–19 см, масса 110–170 г. Поверхность гладкая с мелкими глазками. Урожайность 7–9 кг/м².

Сорт Арго получен в ГНУ ВНИИ овощеводства индивидуальным семейственным отбором из популяции, полученной от скрещивания образцов иностранной селекции. Сорт среднеспелый. Розетка листьев полураскидистая. Лист средней длины, зеленый, среднерассеченный. Корнеплод средней длины, удлинненно-конический со слабым сегом и заостренным основании

ем (сортотип Берликум). Внешняя окраска коры белая, сердцевина белая, темнее окраски коры. Масса корнеплода – 90–110 г. Вкусовые качества хорошие, оригинальная окраска корнеплодов. Содержание сухого вещества – 9–11%, общего сахара – 5–7%, каротина – до 0,5 мг на 100 г сырого вещества. Урожайность 4–6 кг/м².

Результаты исследований

Среднее значение всех морфометрических параметров у четырех изученных сортов существенно отличалось от стандарта – сорта Шантенэ 2461 (табл. 1). Сорт Арго значительно уступал контролю по длине семени на 0,25 мм, по длине эндосперма на 0,46 мм и длине зародыша на 0,15 мм. Сорта Рогнеда и Лосиноостровская 13, напротив, существенно превышали стандарт, соответственно по длине семени на 0,20–0,25 мм, по длине эндосперма на 0,30–0,32 мм и длине зародыша на 0,16 мм.

Коэффициент вариации в пределах сортовых популяций изменялся от 8,1% до 12,8% по длине семени, от 9,9% до 11,4% по длине эндосперма и от 12,2% до 16,1% по длине зародыша, указывая на относительно низкую степень изменчивости изученных параметров. Максимальной изменчивостью по всем показателям отличался сорт Арго.

В пределах сорта Шантенэ 2461 по длине семени три семьи находились на уровне среднего значения по популяции, одна семья (№ 1) уступала ему на 0,15 мм и одна семья (№ 4) на 0,16 мм превышала его. По длине эндосперма эти же семьи распределялись аналогичным образом. По длине зародыша выделилась только одна семья (№ 3), которая существенно на 0,10 мм превышала среднее по сорту.



Зародыш семени моркови сорта Рогнеда (длина 1,06 мм)

Библиографический список

1. Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae) / M. Scholten, J. Donahue, N.L. Shaw, M.D. Serpe // *Annals of Botany*. 2009. Vol. 103. Pp. 1091–1101. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp038>
2. Hawkins T.S., Baskin C.C., Baskin J.M. Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American *Sanicula* species (Apiaceae subf. *Saniculoideae*): evolutionary implications for dormancy break // *Plant Species Biology*. 2010. Vol. 25. Pp. 103–113. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00273.x>
3. Vandeloos F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae // *New Phytologist*. 2012. Vol. 195. Pp. 479–487. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x>
4. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Биология формирования и прорастания семян укропа // *Овощи России*. 2012. №1 (14). С. 54–59.
5. Necajeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae) // *Estonian Journal of Ecology*. 2013. Vol. 62. Pp. 150–161. <https://doi.org/10.3176/eco.2013.2.06>
6. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разноразмерности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания // *Вестник Алтайского ГАУ*. 2014. №7 (117). С. 26–32.
7. Szafiroska A.I. The correlation between mother plant architecture, seed quality and field emergence of carrot // *Acta Horticulturae*. 1994. Vol. 354. Pp. 93–98. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.354.10>
8. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen / F. Corbineau, M.A. Picard, A. Bonnet, D. Come // *Seed Science Research*. 1995. Vol. 5. Pp. 129–135. <https://doi.org/10.1017/s0960258500002749>
9. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфология разноразмерности семян овощных зонтичных культур, обусловленная местом формирования на материнском растении // *Овощи России*. 2012. №2 (15). С. 44–47.
10. Изменчивость, корреляция и факторы формирования морфологических параметров семян укропа / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, М.И. Иванова, А.Р. Бухарова // *Овощи России*. 2017. №5. С. 37–41.
11. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant // *Folia Horticulturae*. 2010. Vol. 22. Pp. 25–30. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0147>
12. Wolf J.B., Wade M.J. What are maternal effects (and what are they not)? // *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B*. 2009. Vol. 364. Pp. 1107–1115. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0238>
13. Uller T. Developmental plasticity and the evolution of parental effects // *Trends Ecol. Evol.* 2008. Vol. 23. Pp. 432–438. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.04.005>
14. Dyer A.R., Brown C.S., Espeland E.K. The role of adaptive transgenerational plasticity in biological invasions of plants // *Evol. Appl.* 2010. Vol. 3. Pp. 179–192. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00118.x>
15. Galloway L.F., Etterson J.R., McGlothlin J.W. Contribution of direct and maternal genetic effects to life history evolution // *New Phytologist*. 2009. Vol. 183. Pp. 826–838. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02939.x>
16. Silvertown J.W. Phenotypic variety in seed germination behavior: the ontogeny and evolution of somatic polymorphisms in seeds // *American Naturalist*. 1984. Vol. 124. Pp. 1–16. <https://doi.org/10.1086/284249>
17. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree / S.A. Geritz, H.E. Kisdi, G. Meszner, J.A.J. Metz // *Evol. Ecol.* 1998. Vol. 12. Pp. 35–37. <https://doi.org/10.1023/a:1006554906681>
18. Бухаров А.Ф. и др. Экологическая и сортовая изменчивость морфологических параметров семян моркови // *Картофель и овощи*. 2019. №3. С. 37–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.26.44.009>

References

1. Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae) / M. Scholten, J. Donahue, N.L. Shaw, M.D. Serpe. *Annals of Botany*. 2009. Vol. 103. Pp. 1091–1101. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp038>
2. Hawkins T.S., Baskin C.C., Baskin J.M. Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American *Sanicula* species (Apiaceae subf. *Saniculoideae*): evolutionary implications for dormancy break. *Plant Species Biology*. 2010. Vol. 25. Pp. 103–113. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00273.x>
3. Vandeloos F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae. *New Phytologist*. 2012. Vol. 195. Pp. 479–487. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x>
4. Baleev D.N., Bukharov A.F. Biology of the formation and germination of dill seeds. *Vegetables of Russia*. 2012. No1 (14). Pp. 54–59 (In Russ.).
5. Necajeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013. Vol. 62. Pp. 150–161. <https://doi.org/10.3176/eco.2013.2.06>
6. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of different quality seeds of vegetable umbrella crops in the process of formation and germination. *Bulletin of Altai SAU*. 2014. No7 (117). Pp. 26–32 (In Russ.).
7. Szafiroska A.I. The correlation between mother plant architecture, seed quality and field emergence of carrot. *Acta Horticulturae*. 1994. Vol. 354. Pp. 93–98. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.354.10>
8. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen / F. Corbineau, M.A. Picard, A. Bonnet, D. Come. *Seed Science Research*. 1995. Vol. 5. Pp. 129–135. <https://doi.org/10.1017/s0960258500002749>
9. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphology of different quality seeds of vegetable umbrella crops, due to the place of formation on the mother plant. *Vegetables of Russia*. 2012. No2 (15). Pp. 44–47 (In Russ.).
10. Variability, correlation and formation factors of morphological parameters of dill seeds / A.F. Bukharov, D.N. Baleev, M.I. Ivanova, A.R. Bukharova. *Vegetables of Russia*. 2017. No5. Pp. 37–41 (In Russ.).
11. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010. Vol. 22. Pp. 25–30. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0147>
12. Wolf J.B., Wade M.J. What are maternal effects (and what are they not)? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B*. 2009. Vol. 364. Pp. 1107–1115. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0238>
13. Uller T. Developmental plasticity and the evolution of parental effects. *Trends Ecol. Evol.* 2008. Vol. 23. Pp. 432–438. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.04.005>
14. Dyer A.R., Brown C.S., Espeland E.K. The role of adaptive transgenerational plasticity in biological invasions of plants. *Evol. Appl.* 2010. Vol. 3. Pp. 179–192. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00118.x>
15. Galloway L.F., Etterson J.R., McGlothlin J.W. Contribution of direct and maternal genetic effects to life history evolution. *New Phytologist*. 2009. Vol. 183. Pp. 826–838. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02939.x>
16. Silvertown J.W. Phenotypic variety in seed germination behavior: the ontogeny and evolution of somatic polymorphisms in seeds. *American Naturalist*. 1984. Vol. 124. Pp. 1–16. <https://doi.org/10.1086/284249>
17. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree / S.A. Geritz, H.E. Kisdi, G. Meszner, J.A.J. Metz. *Evol. Ecol.* 1998. Vol. 12. Pp. 35–37. <https://doi.org/10.1023/a:1006554906681>
18. Bukharov A.F. et al. Ecological and varietal variability of morphological parameters of carrot seeds. *Potato and vegetables*. 2019. No3. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.26.44.009>. Pp. 37–40 (In Russ.).

Из сорта Рогнеда были выделены две семьи (№ 1 и № 2), которые превышали среднее значение по размеру семян на 0,18–0,21 мм, а по размеру эндосперма на 0,19–0,25 мм. По длине зародыша только одна семья (№ 2) существенно превышала среднее по сорту на 0,14 мм. Из сорта Лосиноостровская 13 выделена линия № 2 стабильно превышающая средний уровень по всем параметрам на 5–9%. Из сорта Арго была выделена линия № 3, которая существенно превышала средний уровень по длине семени и длине эндосперма на 6%, а по длине зародыша на 16%.

Анализ корреляционных взаимозависимостей изученных параметров позволил выявить наличие тесной связи между линейными размерами семени и эндосперма от 0,724 до 0,925 (табл. 2).

Коэффициент корреляции между длиной зародыша и длиной семени (0,166–0,321), а также длиной зародыша и длиной эндосперма (0,142–0,389) указывал на слабую или среднюю взаимозависимость этих параметров. Ранее было показано, что полиморфизм линейных параметров морфологических элементов семян моркови в значительной степени обусловлен сортовым (наследственным) фактором и в меньшей степени экологическим фактором [18].

Особый интерес представляет индекс $I_{3/3}$, характеризующий длину зародыша относительно длины эндосперма. Минимальное значение этого параметра отмечено у семей

№ 5 (0,32) сорта Арго и № 5 (0,34) сорта Шантенэ 2461. Максимальное значение показателя имели: семья № 3 (0,43) из сорта Арго, семьи № 1 (0,42) и № 2 (0,41) из сорта Лосиноостровская 13, семьи № 2 (0,41) и № 5 (0,41) из сорта Рогнеда. Используя шкалу [5], разработанную для систематизации данных о семенах с недоразвитым зародышем, можно сделать заключение, что по значению индекса $I_{3/3}$ большую часть семей (65%) принадлежат к третьему классу, и только отдельные семьи преодолели 40%-ный барьер и их можно отнести к четвертому классу.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования показывают существенные различия по комплексу морфометрических параметров, в том числе длине семени, эндосперма и зародыша, как на уровне сортовых популяций, так и на уровне отобранных из них семей, что свидетельствует о возможности проведения эффективного отбора в этом направлении. Отсутствие жестких корреляционных связей между линейными размерами зародыша и эндосперма также обеспечивают широкие возможности для комбинационной селекции. Показана важная роль индекса $I_{3/3}$ (отношение длины зародыша к длине эндосперма) для оценки и дифференциации семян по степени недоразвития зародыша и использования его при отборе.

Об авторах

Бухаров Александр Федорович, доктор с.-х. наук, г.н.с. отдела селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО). E-mail: afb56@mail.ru

Балеев Дмитрий Николаевич, канд. с.-х. наук, в.н.с. лаборатории атомно-молекулярной биорегуляции и селекции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР). E-mail: dbaleev@gmail.com

Маврина Полина Олеговна, магистрант факультета садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Корнев Александр Владимирович, канд. с.-х. наук, н.с. отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО

Еремина Надежда Александровна, м.н.с. отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО

Author details

Bukharov A.F., Doctor Sci. (Agr.), chief research fellow of department of breeding and seed production, ARRIVG – a branch of FSBSI FSVG. E-mail: afb56@mail.ru

Baleev D.N., Cand. Sci. (Agr.), leading research fellow of laboratory of atomic molecular bioregulation and breeding, FSBSI ARSRIMAP. E-mail: dbaleev@gmail.com

Mavrina P.O., graduate student of the faculty of horticulture and landscape architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev

Kornev A.V., Cand. Sci. (Agr.), research fellow of department of breeding and seed production, ARRIVG – branch of FSBSI FSVG

Eremina N.A., junior research fellow of department of breeding and seed production, ARRIVG – branch of FSBSI FSVG

Совершенствование технологии возделывания томата и конструкции весенних теплиц для получения экологически безопасной продукции

Improving tomato cultivation technology and spring greenhouse construction to produce ecological safely products

Чернова Т.В., Огнев В.В., Авдеенко С.С., Габимова Е.Н., Корсунов Е.И.

Chernova T.V., Ognev V.V., Avdeenko S.S., Gabimova E.N., Korsunov E.I.

Аннотация

Abstract

В России интенсивно развивается овощеводство защищенного грунта. Наблюдается рост площадей зимних и весенних теплиц. Площадь весенних теплиц достигла 20 тыс. га. Весенние теплицы стали основным типом культивационных сооружений при производстве ранних томатов. Весенние теплицы чаще используются в мелких хозяйствах. Конструкции теплиц и применяемые технологии сильно различаются и не позволяют использовать промышленные технологии производства томата. В мелких тепличных хозяйствах сложно получать экологически безопасную продукцию. Цель исследований – разработка приемов возделывания новых гибридов томата в весенних теплицах и совершенствование конструкций теплиц для получения экологически безопасной продукции. Исследования проведены в 2016-2019 годах в селекционно-семеноводческом центре «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск», расположенном в Октябрьском районе Ростовской области. Климат зоны жаркий, засушливый, с продолжительным безморозным периодом. Погодные условия в годы проведения исследований отличались резкими перепадами температуры в весенний период, высокими температурами при острой нехватке осадков и низкой влажностью воздуха в летний период. Почвы в опытах – чернозем обыкновенный с добавлением рыхлящих материалов. Содержание доступных элементов питания – высокое. Опыты закладывали в весенних теплицах ангарного типа с поликарбонатным светопрозрачным покрытием без обогрева. Теплицы оснащены системами капельного орошения с фертигацией. Объектом исследований служили конструкции теплиц, отдельные элементы технологии возделывания и гибриды томата. В результате исследований установлено, что для получения экологически безопасной продукции томата в весенних теплицах необходима их модернизация с увеличением внутреннего объема за счет увеличения высоты по коньку до 4,5 м. Теплицы должны быть оснащены вытяжной вентиляцией, противомоскитными сетками на вентиляции, тамбуром с дезинфекционным барьером на входе. В технологии выращивания томата необходимо включить использование промежуточных злаковых культур с заделкой на сидераты и комплексных безбалластных водорастворимых удобрений в корневых и листовых подкормках. Подвязка и формирование растений томата должна учитывать сортовые особенности. Для защиты от вредных организмов необходимо использовать сочетание комплексной устойчивости новых гибридов томата с применением биопрепаратов, карантинных, профилактических и агротехнических мероприятий. Модернизация весенних теплиц и внедрение предложенных элементов технологии выращивания томата позволяют обеспечить гарантированное получение экологически безопасной продукции.

In Russia the vegetable production of protected soil is developing intensively. There is an increase in the area of winter and spring greenhouses. The area of spring greenhouses has reached 20 thousand ha. Spring greenhouses have become the main type of cultivation structures in the production of early tomatoes. Spring greenhouses are more often used in small farms. The constructions of greenhouses and the technologies used vary greatly and do not allow the use of industrial technologies for the production of tomatoes. In small greenhouse farms it is difficult to obtain environmentally safe products. The main purpose of the research is to develop technology for cultivating new tomato hybrids in spring greenhouses and to improve greenhouse constructions to produce ecological safely products. The research was carried out in 2016-2019. at the Rostovsky breeding centre of Poisk Agro holding, located in the October district of Rostov region. The climate of the zone is hot, arid, with a long frost-free period. Weather conditions during the study years were characterized by sharp temperature changes in the spring, high temperatures with severe lack of precipitation and low humidity in the summer. Soils in experiments – ordinary chernozem with the addition of loose materials. The content of available batteries is high. Experiments were laid in spring greenhouses hangar type with polycarbonate translucent coating without heating. The greenhouses are equipped with drip irrigation systems with fertigation. The object of research was the construction of greenhouses, individual elements of the technology of cultivation and hybrids of tomato. As a result of research, it has been established that in order to obtain environmentally safe products of tomatoes in spring greenhouses, they need to be modernized with an increase in internal volume by increasing the height of the skate to 4.5 m. Greenhouses should be equipped with exhaust ventilation, mosquito nets on ventilation, a tambour with a disinfectant barrier at the entrance. In tomato growing technology it is necessary to include the use of intermediate cereal crops with rooting on siderates and complex ballast-free water-soluble fertilizers in root and leaf fertilization. The garter and formation of tomato plants should take into account varietal features. To protect against harmful organisms, it is necessary to use a combination of complex stability of new hybrids of tomato with the use of biologics, quarantine, preventive and agrotechnical measures. Modernization of spring greenhouses and the introduction of the proposed elements of tomato growing technology make it possible to ensure the guaranteed receipt of ecological safely products

Key words: spring greenhouses, modernize, constructions, tomato, technology, fertilizer, plant protection, hybrid.

Ключевые слова: весенние теплицы, модернизация, конструкции, томат, технология, удобрение, защита растений, гибрид.

Для цитирования: Совершенствование технологии возделывания томата и конструкции весенних теплиц для получения экологически безопасной продукции / Т.В. Чернова, В.В. Огнев, С.С. Авдеенко, Е.Н. Габимова, Е.И. Корсунов // Картофель и овощи. 2020. №5. С. 11-16. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.10.27.002>

For citing: Improving tomato cultivation technology and spring greenhouse construction to produce ecological safely products. T.V. Chernova, V.V. Ognev, S.S. Avdeenko, E.N. Gabimova, E.I. Korsunov. Potato and vegetables. 2020. No5. Pp. 11-16. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.10.27.002> (In Russ.).

Развитию защищенного грунта в России придается первостепенное значение. Начиная с 2013 года идет интенсивное возрождение отрасли, строятся тепличные комбинаты под стеклом, проводится реконструкция сохранившихся, осваиваются новые технологии и совершенствуется сортимент [1]. Однако только за счет зимних теплиц невозможно обеспечить самообеспечение населения овощами во внесезонный период. Для этого активно используют более простые сооружения и утепленный грунт [2].

Сегодня основным типом культивационных сооружений в России остаются весенние теплицы. В отличие от зимних теплиц, площадь которых приближается к 3 тыс. га, их площадь превышает 20 тыс. га [3]. В весенних теплицах выращивают значительные объемы ранней продукции. Основные культуры здесь – томат и огурец. И если в среднем по стране доля томата не превышает 30-35%, то на юге России он занимает более 70% посевных площадей [4, 5]. Основными регионами юга России, где развито производство томата в весенних теплицах, считаются Ростовская и Волгоградская области, республики Северного Кавказа [4, 6]. Производство это сильно диверсифицировано и отличается большим разнообразием конструкций и светопрозрачных покрытий, спецификой почвогрунтов, особенностями микроклимата и его регулирования. Как правило, весенние теплицы используют мелкие товарные хозяйства и значительно реже крупные комбинаты [7]. Для мелких хозяйств характерно использование самых разных технологий и сортимента, часто не имеющих научного обоснования и сопровождения [8]. Созданием сортимента томата для весенних теплиц в России занимаются практически исключительно частные селекционно-семеноводческие компании, они же вынуждены заниматься разработкой и усовершенствованием приемов его возделывания [9]. Особые проблемы при выращивании в весенних теплицах возникают при получении экологически безопасной продукции, что требует освоения специальных приемов возделывания, сортимента с комплексной устойчивостью к патогенам и неблагоприятным факторам среды, новых агрохимикатов и технических средств [10]. Наблюдается явный дефицит научных рекомендаций по возделыванию современных гибридов томата в ве-

сенних теплицах по биологизированным технологиям, требующий ускорения в ближайшие сроки.

В связи с этим основной целью исследований была разработка приемов возделывания новых гибридов томата в весенних теплицах и совершенствование конструкций теплиц, применяемых в них технологий для получения экологически безопасной продукции.

Для достижения поставленной цели было предусмотрено решение следующих задач: 1. Разработать и апробировать конструктивные изменения теплиц, способствующие улучшению микроклимата и позволяющие получать экологически безопасную продукцию; 2. Изучить возможность использования биологизированной технологии возделывания томата на основе освоения гибридов с комплексной устойчивостью, агроприемов с минимальным использованием химических средств защиты растений, балластных удобрений и иных агрохимикатов.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016-2019 годах в селекционно-семеноводческом центре «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск», расположенном в слободе Краснокубовской Октябрьского района Ростовской области. Материалом для исследований служили гибриды томата собственной селекции, рекомендованные к использованию в регионе, отдельные разработки по изменению конструкций теплиц и технологий возделывания томата с использованием элементов биологизации. Для проведения исследований использовали необогреваемые весенние теплицы арочного типа собственной конструкции с поликарбонатным покрытием. Климат зоны жаркий, засушливый, с продолжительным безморозным периодом. Погодные условия в годы проведения исследований отличались резкими перепадами температуры в весенний период, высокими температурами при острой нехватке осадков и низкой влажностью воздуха в летний период. Почвы в опытах представлены черноземом обыкновенным с улучшенным механическим составом за счет внесения рыхлящих материалов. Содержание гумуса 5,6%. Содержание доступных элементов питания высокое, рН почвенного раствора 7,8. Для орошения и удобрения использована система капельного полива с фертигацией. Рассадку томата выращивали с забе-

гом 55 дней в разводочной теплице с пикировкой в пластиковые контейнеры. Рассадку высаживали в последней декаде апреля по схеме 70×30 см с подвязкой к шпалере. Формировали растения с учетом сортовых особенностей по разработанным системам. Уход включал формирование растений, поливы с внесением удобрений, листовые подкормки, защиту от вредных организмов. Регулирование микроклимата осуществлялось с использованием орошения и вентиляции. Уборку урожая проводили регулярно по мере созревания плодов. Учеты и наблюдения за растениями вели по принятым методикам [11,12].

Результаты исследований

Конструктивные особенности теплиц существенно влияют на величину урожайности гибридов томата, качество плодов, фитосанитарное состояние в самих теплицах. По всем показателям преимущество имеют теплицы высотой более 4,5 м по коньку с верхней вытяжной вентиляцией. При дополнительном оснащении теплиц тамбурами с дезинфекционными барьерами и установкой противомоскитной сетки на вентиляционные системы заметно снижается повреждение растений томата тепличной белокрылкой (табл.).

Особенно важным представляется для юга России устройство вытяжной вентиляции в верхней части кровли для выхода горячего воздуха. Это, наряду с увеличением высоты кровли и внутреннего объема теплицы, существенно улучшает микроклимат. Прохладный приземный слой воздуха проходя через форточки в нижней части светопрозрачного покрытия охлаждает растения и, постепенно нагреваясь, выходит через вытяжную вентиляцию в кровле. По мере роста растений эффект охлаждения усиливается за счет увлажнения воздуха в результате транспирации растений. В жаркий летний период разница в температуре внутри теплиц с вытяжной вентиляцией и без нее достигает 10 °С и более. Меньшие перепады суточных значений температуры и влажности способствуют более высокой продуктивности растений. Оснащение теплиц противомоскитной сеткой и тамбурами с дезинфицирующим барьером сокращает потребность в проведении защитных мероприятий от многих насекомых. Наибольший эффект достигается в контроле численности таких вредителей как белокрылка, совки и минирующие моли. В меньшей степени это касается таких вре-

Влияние конструктивных особенностей весенних теплиц на урожайность растений томата и распространенность тепличной белокрылки (среднее за 2016-2019 годы, гибрид F₁ Пегас)

Конструкция теплицы	Общая, урожайность, кг/м ²	Товарность, %	Средняя масса плода, г	Количество особей белокрылки, шт/лист*
Теплица высотой 2,5 м, без вытяжной вентиляции, противомоскитной сетки и тамбура (контроль)	10,4	96,4	120,2	10,8
Теплица высотой 4,5 м, с вытяжной вентиляцией, противомоскитной сеткой и тамбуром	14,6	98,2	140,8	1,2
Теплица высотой 4,5 м, без вытяжной вентиляции, с противомоскитной сеткой и тамбуром	12,8	98,0	140,0	1,2
Теплица высотой 2,5 м, без вытяжной вентиляции, с противомоскитной сеткой и тамбуром	10,8	96,6	120,6	1,6
НСР ₀₅	0,38	–	4,5	0,4

*Визуальный подсчет в очагах при заселении 40% листьев или цветков [12]

дителей как трипсы, клещи и тли. Здесь большее значение приобретает меры по дезинфекции теплиц и внутрихозяйственные карантинные мероприятия.

В большинстве хозяйств в весенних теплицах растения выращивают на естественных грунтах. Несменяемость грунтов и монокультура томата приводят к распространению разнообразной почвенной инфекции и инфекции, сохраняющейся на растительных остатках. Для изменения этой негативной тенденции необходимо поддерживать строгий санитарный режим в сооружениях. После окончания оборота, растения обеззараживают и только затем удаляют все растительные остатки. Перед оборотом теплицу, тару, инвентарь и спецодежду также подвергают обеззараживанию. Почвогрунты обеззаразить значительно сложнее. Здесь важно подавить вредную микробиоту. Для этих целей наиболее рационально использовать промежуточные культуры, особенно если нет плодосмена. Наиболее опасные для томата почвенные патогены - грибы из рода фузариий. Они являются обычной почвенной микрофлорой, но способны переходить на паразитарный тип питания и вызывать трахеомикозное увядание. В качестве промежуточных испытано много культурных растений. Наибольший эффект достигнут при выращивании ржи, тритикале и овса. На корнях этих растений разрастаются ризосферные микробы, подавляющие патогенную микрофлору. Они за короткие сроки способны формировать большую биомассу и не имеют общих вредителей и возбудителей болезней с томатом. Кроме того, на измельченных и запаханных растительных остатках активно развиваются микроорганизмы-целлюлозоразрушители. Они также способны к подавлению патогенной микрофлоры.

Целлюлозоразрушители поглощают большие дозы азота, что требует при их запашке дополнительно вносить в почву азотные удобрения. Эффект от использования злаковых культур проявляется постепенно, в течение ряда лет, и этот прием должен стать обязательным в технологии выращивания томата в весенних теплицах. Постепенно отпадает потребность в проведении химической защиты от трахеомикозов.

Монокультура в сочетании с высокими дозами балластных удобрений и поливной воды ухудшает не только микробиологический состав почвогрунтов. Параллельно происходит прогрессирующее падение почвенного плодородия, ухудшаются водно-физические свойства почвогрунтов. И если введение в оборот промежуточных сидеральных культур и разрыхлителей (опилки, шелуха риса, лузга подсолнечника, торф) в какой-то степени решает вопрос с плотностью и порозностью почв, то с высокой минерализацией возникает много проблем. Очень часто это усугубляется использованием минерализованной поливной воды. Такие почвогрунты нуждаются во внесении высоких доз органических удобрений, которые стали дефицитом из-за сокращения поголовья КРС. Для снижения минерализации на карбонатных почвах с высоким pH необходимо применять в качестве фитомелиоранта фосфогипс с заделкой его в почву и проведением последующего ее увлажнения. Потребуется и изменение системы удобрений. Балластные удобрения можно вносить только с осени под фрезерование в дозах N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀, а через систему капельного орошения и в листовые подкормки должны вноситься только комплексные водорастворимые безбалластные удобрения с микроэлементами. Лучше выбирать удобрения с подкисляющим эффек-

том. Общая доза удобрений, марки этих удобрений должны корректироваться по фазам роста и развития растений, состоянию самих растений и особенностям микроклимата. В ранневесенний период при недостатке освещенности соотношение азота к калию должно составлять 1:2, а при улучшении освещенности и усилении ростовых процессов изменяться до 1,5:2 или 1:1. При наступлении бутонизации, в период цветения и завязывания плодов увеличивается общая доза удобрений до 1,5-2,5 г на растение и соотношение между азотом, фосфором и калием должно составлять 1:1:1. В период налива плодов опять должно быть увеличено внесение калия, а азот должен быть в амидной форме. В период налива плодов обязательны листовые подкормки. Особенно важны листовые подкормки при поливе минерализованной водой. Через систему капельного орошения в этом случае лучше вносить мочевины, поскольку она как органическое удобрение не увеличивает концентрацию раствора.



F₁ Армада

F₁ Бобрин

Специальные марки удобрений, имеющие в своем составе стимуляторы и регуляторы роста, применяют под конкретные фазы роста. Стартовые марки способствуют лучшему развитию корневой системы и их применяют при выращивании рассады и после ее высадки на постоянное место, а также в период массовых сборов плодов, для регенерации ослабленной корневой системы. Марки для развития растений используют в период цветения и завязывания плодов, постепенно увеличивая их дозу. Финишные марки применяют в период налива и созревания плодов. При использовании капельного орошения с фертигацией желательнее не чередовать поливы с подкормками, а

F₁ Перас

дозу разделить на количество поливов и вносить удобрения в каждый полив, чтобы при этом концентрация раствора не превышала 0,5%. Такая система способствует тому, что растения меньше страдают от негативных абиотических факторов, которые напрямую влияют на продуктивность растений и их устойчивость к вредителям и возбудителям болезней.

Защита от вредных организмов в весенних теплицах – одна из важнейших составляющих технологий выращивания томата. Широкое распространение вредителей и возбудителей болезней приводит к снижению урожайности и качества плодов томата. Современная тенденция в защите растений повсеместно – переход от химической защиты к защите биологической, от сильнодействующих химических веществ к малотоксичным, от искореняющих обработок к предупредительным мерам защиты с учетом порога вредоносности. Для многих вредителей уже появились и активно используются биоинсектициды и биофунгициды, аналоги природных соединений и живые фитофаги. Для борьбы с совками, минирующей молью нами активно используются такие биопрепараты, как лепидоцид, битоксибациллин. Регулярное применение этих препаратов начиная с фазы цветения позволяет контролировать численность хлопковой совки до обоснованного порога вредоносности. От минирующей моли препараты помогают только в сочетании с использованием противомоскитной сетки на вентиляции, тамбуров с дезинфицирующими и отпугивающими средствами на входе. Практически все химические препараты против минирующей моли не эффективны ввиду высокой резистентности к ним вредителя. Против тлей, трипсов и клещей эффективно помогают авермектины: Фитоверм, Вертимек. Применять эти препараты необходимо регулярно, начиная с высадки на постоянное место. Недостаток этих препаратов – контактный характер действия, что требует очень равномерного внесения, в том числе на нижнюю сторону листьев. Нежелательно, чтобы посадки томата были излишне загущены. Это регулируется схемами посадки, регулярным проведением работ по подвязке и формировке растений.

По результатам исследований установлены оптимальные способы формировки растений томата с разным типом роста. Так, для круп-

ноплодных гибридов детерминантного типа лучше использовать формировку по типу «зонтик», а для полудетерминантных лучше оставлять два стебля выше первой кисти. Индетерминантные можно формировать как в один, так и в два стебля, но в зависимости от габитуса растений. По мере отдачи урожая листья в нижней части стебля необходимо удалять для лучшего проветривания посадок и предотвращения накопления инфекции.

Тепличная белокрылка поддается полному контролю только при использовании целого комплекса мер борьбы, от профилактического обеззараживания помещений и применения противомоскитной сетки и тамбуров с дезинфекционными барьерами, до клеевых ловушек и обработки химическими препаратами. Наиболее перспективен препарат Теппеки, проходящий регистрацию на культуре томата, в сочетании с разрешенными к применению малотоксичными препаратами Актара, Танрек, Конфидор Экстра. Использование химических препаратов может быть ограничено начальными стадиями появления вредителя. Возможным вариантом является также выпуск в теплицы живых энтомофагов и акарифагов. Здесь необходимо учитывать, что использование их начинается только при наличии очагов вредителей, иначе биоагенты могут погибнуть или причинят вред культурным растениям из-за отсутствия кормовой базы. Контролировать работу полезных энтомофагов довольно сложно, а применять сравнительно дорого. Поэтому этот метод для весенних теплиц пока можно отнести к перспективным.

Большим разнообразием отличаются биофунгициды. Против комплекса грибных и бактериальных болезней нами применялись такие препараты как Фитоспорин, Алирин, Гамаир. Они показали высокую эффективность против трахеомикозного увядания и в меньшей степени подавляли южный фитофтороз, бактериальный рак, некроз сердцевины стебля и другие бактериальные инфекции. Здесь больший эффект показали Фитолавин и Фитоплазмин. При сильном развитии болезней на фоне нарушения микроклимата полностью отказаться от применения химических препаратов не представляется возможным. Но сочетание профилактических обработок биофунгицидами, использование безопасных асептиков, таких как Фармайод,

с применением химических фунгицидов только при эпифитотийном развитии заболеваний позволяет в большинстве случаев получать экологически безопасную продукцию.

Наличие генетической устойчивости ко многим грибным болезням, реализуемое в создании сортов с комплексной устойчивостью, позволяет практически полностью отказаться от использования химических препаратов. Для борьбы с вирусными болезнями также наиболее перспективен путь создания устойчивых сортов, и предупреждение распространения патогенов с семенами, растительными остатками и через насекомых-переносчиков.

Для подавления вспышек столбура больше подходят карантинные и профилактические меры борьбы: уничтожение сорной растительности и переносчиков на прилегающей к теплицам территории. Химические меры борьбы здесь практически неэффективны.

Для разработки мер борьбы с вредными организмами необходимо проведение фитомониторинга, который позволяет определить для каждого объекта свой комплекс вредителей и возбудителей болезней, выбрать профилактические, карантинные, агротехнические и биологические меры борьбы с ними. При этом задействование всего комплекса защитных мер позволяет резко ограничить применение химических средств защиты растений или полностью отказаться от них. Только все планируемые мероприятия в комплексе дают нужный эффект.

Сортимент томата для весенних теплиц достаточно разнообразен и постоянно обновляется. В процессе селекции важное внимание уделяется

созданию гибридов с комплексной устойчивостью к болезням. Это связано с недостаточно эффективной работой многих биопрепаратов против возбудителей болезней и постоянной эволюцией патогена с появлением новых, более вирулентных рас и штаммов. Существуют разные методы оценки устойчивости создаваемых гибридов к патогенам: от непосредственной оценки растений при искусственном заражении или в условиях эпифитотии, до генетического маркирования. Однако успех в этом деле возможен только при наличии генов устойчивости в популяции возделываемых томатов или их дикорастущих сороричей. Методы биотехнологии стали активно использоваться в селекции на устойчивость, но, как показывает практика, не всегда наличие гена устойчивости при генетическом маркировании подтверждает устойчивость материала в полевых условиях. Очень большое значение имеет собственный иммунитет растений, поддержание оптимального микроклимата и почвенного плодородия с исключением провоцирующих факторов, а также наличие морфологических признаков, снижающих риск свободного проникновения патогенов в растение. По таким возбудителям болезней, как томатная мозаика, табачная мозаика, бронзовость, желтая курчавость листьев, фузариозное и вертициллезное увядание, фузариозная гниль корневой шейки, кладоспориоз, мучнистая роса и ряд других, имеются гены устойчивости и создаваемые гибриды томата могут обладать этими генами, то есть будут иметь комплексную устойчивость к нескольким болезням одновременно. Однако в конкретных условиях при отсутствии той или иной болезни нет необходимости иметь гибрид со всеми возмож-



F₁ Персиановский

ными генами устойчивости. Тем более, что ряд особо опасных болезней не имеют генетической устойчивости в современном сортименте томатов. К числу последних относятся столбур, серая гниль, фитофтороз, многие бактериозы. Здесь наиболее эффективны биопрепараты в сочетании с карантинными, профилактическими и агротехническими мерами. Среди созданных нами гибридов томата высокой устойчивостью к комплексу болезней в условиях весенних теплиц отличаются гибриды F₁ Розанна, F₁ Армада, F₁ Бобрин, F₁ Пегас, F₁ Персиановский, F₁ Розовый носик, F₁ Бемби.

Выводы

Таким образом, при возделывании томата в весенних теплицах на юге России для получения экологически безопасной продукции необходимо:



Тамбур при входе в теплицу



Теплицы с вытяжной вентиляцией

- модернизировать теплицы, оснастив их вытяжной вентиляцией в верхней части кровли, противомоскитными сетками на всех вентиляционных системах, тамбурами с дезинфекционными барьерами на входе;
- должен быть увеличен внутренний объем теплиц за счет повышения их высоты до 4,5-4,7 м;
- в технологии выращивания томата в монокультуре на грунтах предусмотреть использование посева промежуточных культур на сидераты овса, тритикале или ржи;
- осуществить переход от применения балластных удобрений к использованию комплексных безбалластных с микроэлементами или специальных марок удобрений с микроэлементами, стимуляторами и регуляторами роста в привязке к

конкретным фазам роста и развития растений, особенностям микроклимата и состояния растений;

- распределить дозу удобрений между основным внесением, корневыми и листовыми подкормками в пользу подкормок, увеличив их кратность;

- заменить чередование поливов и корневых подкормок только на подкормочные поливы растворами удобрений, снизив их концентрацию до 0,3-0,5% и увеличить кратность листовых калийных подкормок при использовании минерализованной поливной воды;

- проводить размещение растений, их подвязку и формировку в соответствии с сортовыми особенностями, не допуская самозагущения и ухудшения освещенности и провет-

риваемости посадок;

- по результатам фитомониторинга выявить наиболее опасных вредителей и возбудителей болезней и разработать систему мер защиты от них, включив в нее в качестве основных карантинные и профилактические мероприятия, агротехнические и биологические меры борьбы; предусмотреть преимущественное использование биопрепаратов с заменой химических средств защиты на малотоксичные с низкими нормами расхода;

- подобрать сортимент томата с комплексной устойчивостью к вредным организмам, сосредоточив усилия на применении специальных мер защиты против патогенов, не имеющих генетического контроля устойчивости.

Библиографический список

1. Литвинов С.С., Нурметов Р.Д. Защищенный грунт: стратегия развития // Картофель и овощи. 2013. №10. С. 10–11.
2. Гиш Р.А. Овощеводство защищенного грунта. Краснодар: ИП Профатилев, 2018. 464 с.
3. Редичкина Т., Артемьева Г. Модный розовый // Вестник овощевода. 2019. №9. С. 6–8.
4. Артемьева Г., Редичкина Т. Томат глазами аналитика // Вестник овощевода. 2015. №9. С. 7–9.
5. Редичкина Т. Особенности кривянского томата // Вестник овощевода. 2019. №3. С. 10–12.
6. Огнев В.В., Корсунов Е.И. Подвязка и формировка томата в весенних теплицах // Картофель и овощи. 2019. №7. С. 13–15.
7. Берников Н.И., Огнев В.В. Современное состояние и пути решения проблем развития овощного комплекса Ростовской области / Инновационные пути развития АПК: проблемы, и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. Персиановский, 2013. Т. 2. С. 98–101.
8. Огнев В.В., Терешонкова Т.А., Чернова Т.В., Прохорова К.Г. Селекция томата для пленочных теплиц: состояние и перспективы // Картофель и овощи. 2015. №11. С. 36–38.
9. Чернова Т.В., Огнев В.В., Корсунов Е.И. Томаты на юге России // Картофель и овощи. 2019. №11. С. 20–23.
10. Огнев В.В. Технология выращивания томата в весенних пленочных теплицах // Картофель и овощи. 2013. №1. С. 9–11.
11. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 649 с.
12. Технология управления численностью вредных организмов овощных культур тепличных агроценозов на основе интеграции методов и средств защиты растений. Методические рекомендации. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. С. 86–87.

References

1. Litvinov S.S., Nurmetov R.D. Protected ground: development strategy. Potato and vegetables. 2013. No.10. Pp. 10–11 (In Russ.).
2. Gish R.A. Vegetable breeding of protected soil. Krasnodar: IB Profatilov. 2018. 464 p. (In Russ.).
3. Redichkina T., Artemyeva G. Fashion pink. Herald of vegetable grower. 2019. No.9. Pp. 6–8 (In Russ.).
4. Artemyeva G., Redichkina T. Tomato through the eyes of an analyst. Herald of vegetable grower. 2015. No.9. P. 7–9 (In Russ.).
5. Redichkina T. Features a tomato in Krivyanskaya village. Herald of vegetable grower. 2019. No.3. Pp. 10–12 (In Russ.).
6. Ognev V.V., Korsunov E.I. Garter and tomato formation in spring greenhouses Potato and vegetables. 2019. No.7. Pp. 13–15 (In Russ.).
7. Bernikov N.I., Ognev V.V. Modern state and ways to solve the problems of the development of the vegetable complex of the Rostov region. Sat. Innovative ways of development of the AIC: problems, and prospects. 2013. Vol. 2. Pp. 98–101 (In Russ.).
8. Ognev V.V., Terejonkova T.A., Chernova T.V., Prokhorova K.G. Tomato selection for film greenhouses: state and prospects. Potato and vegetables. 2015. No.11. Pp. 36–38 (In Russ.).
9. Chernova T.V., Ognev V.V., Korsunov E.I. Tomatoes in southern Russia. Potato and vegetables. 2019. No.11. Pp. 20–23 (In Russ.).
10. Ognev V.V. The technology of growing tomatoes in spring film greenhouses. Potato and vegetables. 2013. No.1. Pp. 9–11 (In Russ.).
11. Litvinov S.S. Method of field experience in vegetable production. M.: Rosselkhozakademia. 2011. 649 p. (In Russ.).
12. Technology to manage the number of pests of vegetable crops of greenhouse agrocenoses on the basis of the integration of methods and means of plant protection. Methodical recommendations. M.: FGBNU Rosinformagrotech. 2011. Pp. 86–87 (In Russ.).

Об авторах

Чернова Татьяна Викторовна, селекционер, ССЦ «Ростовский» Агрохолдинг «Поиск»
 Огнев Валерий Владимирович (ответственный за переписку), канд. с.-х. наук, доцент, директор ССЦ «Ростовский» Агрохолдинг «Поиск». E-mail: ognevv@bk.ru
 Авдеенко Светлана Сергеевна, канд. с.-х. наук, доцент, Донской государственный аграрный университет
 Габибова Елена Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент, Донской государственный аграрный университет
 Корсунов Евгений Иванович, аспирант, Донской государственный аграрный университет

Author details

Chernova T.V., breeder, Rostovsky breeding centre of Poisk Agro holding
 Ognev V.V. (corresponding author), Cand. Sci. (Agr.), associate professor, director of Rostovsky breeding centre of Poisk Agro holding. E-mail: ognevv@bk.ru
 Avdeenko S.S., Cand. Sci. (Agr.), associate professor, Donskoy State Agrarian University
 Gabibova E.N., Cand. Sci. (Agr.), associate professor, Donskoy State Agrarian University
 Korsunov E.I., postgraduate student, Donskoy State Agrarian University

Учет текущих и ожидаемых погодных рисков в растениеводстве на основе математической теории игр

Accounting for current and expected weather risks in crop production based on mathematical game theory

Перевертин К.А., Леунов В.И., Белолоубцев А.И.,
Симаков Е.А., Иванцова Н.Н., Васильев Т.А.

Perevertin K.A., Leunov V.I., Belolyubtsev A.I., Simakov E.A.,
Ivantsova N.N., Vasil'ev T.A.

Аннотация

Тенденции климатически обусловленных изменений – потепление, аридизация земель, деградация криолитозоны и т.п. могут быть учтены при стратегическом планировании АЛСЗ – адаптивно-ландшафтных систем земледелия (климат – одна из важнейших характеристик агроландшафтов). Однако наибольшую опасность представляют погодные риски, связанные с повышением нервозности климата. В настоящей работе нами рассматривается метод учета погодных рисков, где (внешне парадоксально) собственно метеопрогнозирование объявляется вторичным (а в условиях полной неопределенности по прогнозам – даже необязательным!). Описываемый метод компенсации рисков можно отнести к тактическим. В рамках математической теории игр, как условные игроки рассматриваются А (агроном) и П (природа/погода). Придерживаясь рассчитанной оптимальной стратегии, А минимизирует потери урожая при любых «капризах» П. Засеяв 25% по технологии для влажного года (X_1), а 75% – по технологии для засушливого года (X_2), агроном гарантированно имеет цену игры 0,85 (условно-чистый доход), тогда как придерживаясь какой-либо только одной стратегии он гарантированно получит лишь 0,7 (для X_1) или 0,8 (для X_2). Оптимальным агрономическим решением будет применение на трети площадей технологии для засухи, а на двух третях – технологии для влажного года с осадками в неблагоприятный период. Полученные решения не носят характер универсальных региональных рекомендаций, но позволяют успешно оптимизировать агрономические решения в масштабах хозяйства. Для небольших (фермерских) хозяйств метод будет менее востребован. Однако крупные хозяйства (агрохолдинги) крайне заинтересованы в получении именно гарантированного уровня дохода, и организовать одновременное применение двух технологий на их достаточно развитой базе вполне возможно.

Ключевые слова: климат, риск, теория игр, урожай.

Для цитирования: Учет текущих и ожидаемых погодных рисков в растениеводстве на основе математической теории игр / К.А. Перевертин, В.И. Леунов, А.И. Белолоубцев, Е.А. Симаков, Н.Н. Иванцова, Т.А. Васильев. Картофель и овощи. 2020. №6. С. 6-10. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.13.27.001>

Стремительные глобальные климатические изменения в последние десятилетия носят объективный характер. Не касаясь дискуссии о роли антропогенного фактора, отметим, что сельское хозяйство – наиболее чувствительная и уязвимая к погодным факторам отрасль природопользования. Для Северного полушария, и в немалой степени, для России динамика изменений опережает среднепланетарные показатели. Глобальные климатические тренды очевидны: потепление, расширение зоны аридизации земель (опустынивание), деградация криолитозоны (таяние «вечной» мерзлоты), хотя, на наш взгляд, самой опасной для аграриев тенденцией является повышение «нервозности» климата (термин введен академиком А.М. Обуховым, имя которого носит Институт физики атмосферы РАН). Средние климатические показатели могут

Abstract

Trends of climate-related changes – warming, aridization of land, degradation of the cryolithozone, etc. can be taken into account in the strategic planning of adaptive landscape systems of agriculture (climate is one of the most important characteristics of agricultural landscapes). However, the greatest danger is posed by weather risks associated with increased climate nervousness. In this paper, we consider a method for accounting for weather risks, where (seemingly paradoxical) the actual forecast is declared secondary (and even optional in conditions of complete uncertainty according to forecasts!). The described method of risk compensation can be classified as tactical. Within the framework of mathematical game theory, A (agronomist) and P (nature/weather) are considered as conditional players. Adhering to the calculated optimal strategy and minimize crop losses in any «whims» of the P. Sowing 25% of the technology for the wet year (X_1) and 75% - technology for dry years (X_2), the agronomist has guaranteed the price of the game 0,85 (conditionally net income), while any only one strategy guaranteed to get only 0.7 (for X_1) or 0.8 (for X_2). The optimal agronomic solution will be to use technology for drought in one third of the area, and technology for a wet year with precipitation in an unfavorable period in two thirds. The obtained solutions do not have the character of universal regional recommendations, but they allow us to successfully optimize agronomic solutions on a farm scale. For small farms, this method will be less popular. However, large farms (agricultural holdings) are extremely interested in obtaining a guaranteed level of income, and it is quite possible to organize the simultaneous use of two technologies on their sufficiently developed base.

Key words: climate, risk, game theory, yield.

For citing: Accounting for current and expected weather risks in crop production based on mathematical game theory. K.A. Perevertin, V.I. Leunov, A.I. Belolyubtsev, E.A. Simakov, N.N. Ivantsova, T.A. Vasil'ev. Potato and vegetables. 2020. No6. Pp. 6-10. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.13.27.001> (In Russ.).

даже мало отличаться от нормы, но нервозность климата определяет резкое возрастание неблагоприятных для земледелия погодных рисков с очередными «рекордами».

Возвратные майские заморозки на всходах свеклы, аномальное зимнее потепление, провоцирующее фазы развития растений с неожиданной меридианальной волной арктических холодных масс или «несвоевременный» метеорологический оптимум для вспышки фитотороза на картофеле способны буквально за один день погубить урожай. Что уж говорить о блокирующих антициклонах с сопутствующей многомесячной засухой или об аномально обильных осадках в агрономически неблагоприятный период.

С 2008 года для РФ действует Руководящий Документ (РД-52.88.699–2008) «Положение о порядке действий уч-

реждений и организаций при угрозе возникновения и возникновения опасных природных явлений» [1]. Документ содержит в т.ч. Приложение А2 «Агрометеорологические опасные явления». В **таблице 1** приведено нормативное описание некоторых из них.

На заседании Правительства РФ, состоявшегося 5 марта 2020 года, первым вопросом повестки стала подготовка к весенней посевной. Председатель Правительства Михаил Мишустин заявил, что в 2020 году в РФ продолжится развитие агрострахования. Важность агрострахования также отметил в своем докладе на этом заседании Правительства министр сельского хозяйства РФ Дмитрий Патрушев. Он особо подчеркнул, что сельское хозяйство – отрасль, высокозависимая от погодных условий.

Однако страховые выплаты – это компенсация уже состоявшегося ущерба, а задачи научного учета погодных рисков видятся если не в предотвращении, то в минимизации потерь урожайной продукции. Они могли бы быть частично решены достоверным долгосрочным погодным прогнозированием, однако, упоминая нервозность климата критически сказывается на достоверности прогнозов погоды. Специфика сельхозпроизводства требует именно долгосрочных прогнозов, т.к. агрономическое решение принимается задолго до начала вегетационного периода, а для озимых культур – даже в предшествующем году.

На заседании Круглого стола Евразийской экономической комиссии (30 марта 2017 года) были представлены долгосрочные прогнозы климатических изменений для стран-членов ЕЭК применительно к природопользованию на ближайшее десятилетие. В наилучших условиях окажется сельское хозяйство Беларуси, в наихудших – Казахстана, где наряду с деградацией высокогорных ледников будут прогрессировать процессы аридизации (опустынивания) земель. Учащаются засухи – как атмосферные, так и почвенные, а также суховеи. Однако все это в полной мере относится и ко многим житницам России – от Северного Кавказа до Сибири.

Конечно, например, тенденции учащения засух могут быть стратегически учтены (и учитываются!) в рамках проектирования АЛСЗ – адаптивно-ландшафтных систем земледелия (замечим, что климат – одна из важнейших характеристик ландшафта) путем внедрения засухоустойчивых сортов и соответствующего комплекса агротехнических мероприятий. Однако возрастание сложнопрогнозируемых (непредсказуемых) погодных рисков создаст угрозу отнесения значительной территории богарных сельхозугодий страны к зоне рискованного земледелия.

В этой ситуации применение обсуждаемого тактического приема – учета погодных рисков при формировании агрономического решения даст положительный эффект.

Агроном, интуитивно принимая решение в условиях погодных рисков, конечно, не выберет заведомо плохое, но его стратегия будет принадлежать к множеству рациональных решений, которые вполне приемлемы, но оптимальное (как правило, единственное) – наилучшее. Точное его определение возможно только с использованием экономико-математических методов, к которым относится и математическая теория игр.

Впервые теория игр применялась нами для оптимизации сроков сева свеклы, как агротехнического приема в интегрированной системе защиты растений еще в середине восьмидесятых годов прошлого века [2], однако именно в последние годы возрастание погодных рисков вследствие нервозности климата актуализирует применение методики для более широкого круга агрономических задач. Пожалуй, именно с возросшей актуальностью проблемы можно связать введение с 2019 года курса «Теория игр» по дисциплине «Информатика» в учебный план Великолукской государственной сельскохозяйственной академии.

Возникшая в последние месяцы глобальная проблема коронавируса информационно заслонила лидировавшую ранее проблему глобального потепления. Но смещение информационных акцентов отнюдь не означает утрату значимости предыдущей проблемы. Ежегодно под редакцией советника Президента РФ, специального представителя при Президенте РФ по вопросам климата, Р.С. – Х. Эдельгериева, выходят Национальные доклады «Глобальный климат и почвенный покров России...», посвященные климатическим проблемам в сельском и лесном хозяйстве, что еще раз подчеркивает не просто актуальность, но острую социальную востребованность реальных решений по этой тематике [3].

Цель работы: представить метод учета погодных рисков, где (внешне парадоксально) собственно метеопрогнозирование объявляется вторичным (а в условиях пол-

Таблица 1. Актуальные агрометеорологические опасные явления (ОЯ) согласно Руководящему документу (РД-52.88.699–2008)

Название ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
А 2. Агрометеорологические	
А 2.1. Заморозки	Понижение температуры воздуха и / или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0 °С на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельхозкультур или уборки урожая, приводящее к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая сельхозкультур
А 2.2. Переувлажнение почвы	В период вегетации сельхозкультур в течение 20 дней (в период уборки в течение 10 дней) состояние почвы на глубине 10–12 см по визуальной оценке увлажненности оценивается, как липкое или текучее; в отдельные дни (не более 20% продолжительности периода) возможен переход почвы в мягкопластичное или состояние
А 2.3. Суховеи	Ветер скоростью 7 м/с и более при температуре выше 25 °С и относительной влажности не более 30% наблюдающийся хотя бы в один из сроков наблюдений в течение трех дней подряд и более в период цветения, налива, созревания зерновых культур
А 2.4. Засуха атмосферная	В период вегетации сельхозкультур отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки за период не менее 30 дней подряд при максимальной температуре воздуха выше 25 °С (в южных районах РФ – выше 30 °С). В отдельные дни (не более 25% продолжительности периода) возможно наличие максимальных температур ниже указанных пределов
А 2.5. Засуха почвенная	В период вегетации сельхозкультур за период не менее трех декад подряд запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см составляют не более 10 мм или за период не менее 20 дней, если в начале периода засухи запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см были менее 50 мм

ной неопределенности по прогнозам – даже необязательным!).

Условия, материал и методы исследований

Работу вели по стандартным методам математического моделирования [4].

Результаты исследований

Популярное объяснение метода

Учитывая формат настоящего издания, подробное математическое изложение метода не приводится. Его можно найти в многочисленных работах по теории игр. Приоритет авторского подхода – в методике представления задачи в формате понятном специалисту сельского хозяйства (агроному) не имеющему специальной математической подготовки.

За тысячелетия практики земледелия имеется достаточно примеров интуитивного применения опытными аграриями предлагаемого метода: «рисковать» на части посевных площадей (сроками сева, глубиной заделки семян и т. д.), справедливо полагая погодные характеристики грядущего агросезона малопредсказуемыми. В этих Играх с Природой Агроном стремится даже не к максимально возможному выигрышу (это не оправданный риск), а к гарантированному максимально возможному выигрышу. Обратимся к «народной мудрости». Метод вполне характеризуют две поговорки:

знать бы, где упаду, соломки бы подстелил;
не кладите все яйца в одну корзину.

Предположим, что Агроном действительно достоверно знает, «где упадет», например, что год будет засушливым. Разумеется, он «подстелет соломки» – запланирует комплекс соответствующих мероприятий, оценит затраты, выход урожая, возможные закупочные цены и, в итоге, сведет все к одной цифре – УЧД (условно чистому доходу, р/га). Именно эта единственная цифра (деньги) вписывается в клеточку Платежной матрицы (табл. 2 и 3), например, на пересечении столбца стратегии Природы «засуха» и строки стратегии Агронома «противозасушливая технология».

Аналогично, достоверно зная, что год будет влажным (с осадками в неблагоприятный период), Агроном выберет несколько иную технологическую схему – «подстелет соломки» совсем в других местах, поэтому соответствующая ячейка Платежной матрицы (УЧД) будет иметь приемлемо высокое значение по сравнению со стандартной технологией.

Точно так же рассматриваются ситуации, когда Агроном в Игре с Природой «промахнулся» – представил стратегию (технологию) для влажного года, а сезон выдался засушливым, или наоборот. Но и в этих случаях экспертные оценки опытного агронома имеют высокую достоверность и также вносятся в платежную матрицу (табл. 2).

Заметим, что данные приведены просто для иллюстрации метода. При решении практических задач Агроном заполняет матрицу применительно к конкретному полю, доступным технологиям, сортам, затратам, закупочным ценам на урожайную продукцию (прогнозу цен).

Простым, но важнейшим принципом является не временная реализация долевого выражения смешанной стратегии агронома, а одномоментное распределение долей стратегий в структуре посевных площадей.

Таблица 2. Платежная матрица 2×2 исходов игры Природа/Агроном (выделены минимально гарантированные для Агронома исходы игры при применении на всей площади одной (чистой) стратегии)

Агроном	Стратегия	
	Природа	
	Засуха	Влажный год
Технология для дождливого года X ₁	a ₁₁ =0,7	a ₁₂ = 1
Технология для засухи X ₂	a ₂₁ =0,9	a ₂₂ = 0,8

Таблица 3. Исходная платежная матрица для задачи 2×3 (элементы матрицы приведены не в р/га, а в т/га)

Агроном	Стратегия		
	Природа		
	Засуха	Влажный год	Норма
Технология для засухи	25	34	50
Технология для влажного года	20	50	35

Другими словами – если оптимальная смешанная стратегия для агронома – 90% (стратегия X₁) на 10% (стратегия X₂), это не означает, что стратегию X₂ необходимо случайным образом использовать раз в 10 лет, ведь достаточно в текущем году на 90% сельхозгодий применять стратегию X₁, а на 10% – стратегию X₂. Размерность матрицы, в принципе может быть любой, но для практических задач желательно стремится к минимизации размерности.

После заполнения всех ячеек платежной матрицы можно вспомнить вторую поговорку. Оптимальное решение, как правило, лежит в области смешанных стратегий.

Т.е. не просто чистые стратегии: или X₁, или X₂, а смешанная – и X₁, и X₂ в рассчитанной пропорции. Другими словами – имеется 100 яиц (100% посевных площадей), есть две корзины (X₁ и X₂). Как оптимально разложить яйца по корзинам, чтобы при любых «капризах погоды» иметь гарантированный УЧД, превышающий УЧД по любой из чистых стратегий?

Оптимальное решение лежит в области смешанных стратегий:

$$X_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{22} + a_{11} - a_{21} - a_{12}} = \frac{0,8 - 0,9}{0,8 + 0,7 - 0,9 - 1} = 0,25$$

$$X_2 = \frac{a_{11} - a_{12}}{a_{22} + a_{11} - a_{21} - a_{12}} = \frac{0,7 - 1}{0,8 + 0,7 - 0,9 - 1} = 0,75$$

при этом цена игры (гарантированный доход агронома):

$$V = \frac{a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}}{a_{22} + a_{11} - a_{21} - a_{12}} = 0,85$$

Таким образом, засевая 25% по технологии для влажного года, а 75% – по технологии для засушливого года, агроном гарантированно имеет цену игры 0,85 (условно чистый доход), тогда как придерживаясь какой-либо только одной стратегии он гарантированно получит лишь 0,7 (для X₁) или 0,8 (для X₂).

Замечательно, что последнее уравнение можно заменить на нестрогое неравенство, т.е. вместо «=» использовать «≥», так как Природа в роли игрока не будет злонамеренно придерживаться оптимальной стратегии, минимизировать выигрыш Агронома, а поступит случайным образом.

Решение для платежной матрицы большей размерности (больше, чем 2×2) не представляет принципиальной проблемы, так как задача теории игр легко сводится

к задаче линейного программирования, а именно к таблице симплекс-метода, знакомой агрономам, например, по задаче оптимизации посевных площадей.

Практически полный охват современных компьютеров сетью интернета не требует в нашем случае установки каких-либо специализированных пакетов прикладных программ. В свободном доступе находится множество онлайн-калькуляторов. Достаточно в какой-либо из поисковых систем набрать ключевые слова (калькулятор, платежная матрица, смешанные стратегии, симплекс-метод, и т.п.). Главное для практиков при внедрении – корректно составить платежную матрицу. А приведение ее к симплекс-таблице с последующим решением – простая техническая задача.

Решение практической задачи большей размерности (2×3) (табл. 3).

За основу взяты конкретные условия и технологические возможности опытных полей экспериментальной базы «Пышлицы» ВНИИ картофельного хозяйства, расположенных в условиях Мещерской низменности. Почва дерново-подзолистая, связнопесчанная с близким залеганием грунтовых вод. Поэтому недостаток атмосферных осадков в засушливый период вегетации менее опасен, чем избыточное увлажнение. Для оптимального размещения картофеля в рамках четырехпольного севооборота, в последние годы вместо осенней вспашки проводится весновспашка во избежание «заплывания» почвы. Учитывая гранулометрический состав почвы, активные рабочие органы не используются. Основное внесение минеральных удобрений в виде диаммофоски из расчета 500 кг/га (физ. веса) проводится в процессе предпосадочной подготовки почвы. При прогнозировании засушливого вегетационного периода доза внесения диаммофоски увеличивается до 600 кг/га, особенно на повышенных участках поля, для предотвращения негативного влияния засухи, так как калийные и фосфорные компоненты удобрения повышают засухоустойчивость растений [5, 6, 7, 8]. Кроме того, для снижения вредности парши обыкновенной в засушливых условиях предусматривается обязательное внесение сульфата аммония в дозе 100–150 кг/га перед междурядной обработкой в начале фазы бутонизации. Основным элементом технологии в случае возможного избыточного увлажнения – мелкая посадка клубней с последующим формированием гребней на полевых участках с максимально выровненным микрорельефом, внекорневая подкормка растений аммиачной селитрой и обязательное предуборочное рыление междурядий.

Столбцы матрицы (стратегии игрока Природа) – засуха/перувлажненность/климатическая норма

Строки матрицы (стратегии игрока Агроном) – технология для засухи/технология для влажного года (с осадками в неблагоприятный период).



Поля картофеля при засухе (слева) и избыточном увлажнении (справа)

Платежная матрица с помощью онлайн калькулятора приводится к задаче симплекс-метода:

$$X_1 \leq 50$$

$$X_2 \leq 40$$

$$2X_1 + X_2 \leq 80$$

$$F = 5X_1 + 3X_2 \rightarrow \max$$

Также с помощью онлайн калькулятора для симплекс-метода получаем решение:

$$X_1 = 20$$

$$X_2 = 40$$

$$F = 220$$

Переходя к процентному выражению, имеем:

$$X_1 = 20 / (20 + 40) = 1/3$$

$$X_2 = 40 / (20 + 40) = 2/3$$

Таким образом, оптимальным агрономическим решением будет применение на трети площадей технологии для засухи, а на двух третях – технологии для влажного года с осадками в неблагоприятный период.

Выводы

По опыту попыток внедрения, первое впечатление у практиков, ознакомленных с предлагаемым методом, выражается в сомнении о возможном одновременном применении двух (а, в принципе, и более технологий). Скорее всего, для небольших (фермерских) хозяйств метод будет менее востребован. Однако крупные хозяйства (агрохолдинги) крайне заинтересованы в получении именно гарантированного уровня дохода, и организовать одновременное применение двух технологий на их достаточно развитой базе вполне возможно.

К тому же нередки ситуации, когда нет необходимости радикально менять весь технологический регламент, ведь достаточно выделить ключевой элемент технологии. Например, глубина заделки семян – что мешает сделать ее разной по частям поля. Учесть и риск почвенной засухи. Возможно, иногда у соседа урожай окажется выше, но у вас он будет гарантирован.

Также достаточно просто маневрировать сроками сева (ранний посев/поздний посев). Яркий пример неурвности климата – майские возвратные заморозки в Центральной России в 2017 году, нанесшие самый сильный ущерб свекловодству (период после 2014 года, когда Россия впервые в своей истории вышла не просто на самообеспечение, но и стала экспортировать сахар). Волна холода дошла до Воронежской области. Почти полностью погибли всходы в Липецкой области. Пересев был невозможен из-за отсутствия семян, которые были закуплены «в обрез». Классическая ситуация «одной корзины».

Часто вызывает вопрос адекватность формализации стратегий А и П. Да, зачастую приходится использовать качественные градации типа «сильный-средний-сла-

бый», но это отнюдь не сказывается на математической корректности метода.

Иногда аграрии задают вопрос – а «ранний посев», «поздний посев» – это какого числа? Приходится отвечать, что это не «посевная в райкомовские сроки», но эти даты для своих полей лучше всех знают сами задающие вопрос агрономы.

Автономность данной задачи отнюдь не ставит под сомнение важность и необходимость существующей системы прогнозов погоды. На этапе составления задачи линейного программирования (ЛП-задачи) можно учиты-

вать и традиционные метеопрогнозы, например, введением весовых коэффициентов.

Оптимизация агрономических решений с грамотным производственным внедрением метода безусловно способна повысить эффективность сельхозпроизводства в условиях погодной неопределенности (возрастания климатических рисков).

В заключение, хочется подчеркнуть, что рассмотренная инновационная (в некоторых аспектах) методика – оптимизация агрономических решений с помощью

Теории игр – несомненно, заслуживает внимания, т.к. в современных кризисных условиях дефицита ресурсов остается недооцененным один из важнейших – интеллектуальный ресурс, выгодно отличающий кадровый потенциал России по уровню профессиональной подготовки специалистов-аграриев от многих других стран.

Библиографический список

References

1. Приложение А2 «Агрометеорологические опасные явления» // Руководящий Документ (РД-52.88.699-2008). Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105083>. Дата обращения: 28.05.2020.
2. Сагитов А.О., Перевертин К.А. Фитонематология – сельскохозяйственному производству. Алма-Ата: Кайнар, 1987. 184 с.
3. Р.С.-Х. Эдельгериев (ред.). Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство). М.: Геос, 2019. 286 с.
4. Бабкина А.В. Ермакова Е.А., Светлова Г.Н. Экономико-математические методы и моделирование: учебно-методическое пособие. М.: РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2018. 112 с.
5. Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. М.: Издательство АН СССР, 1965. 346 с.
6. Vander Zaag, P., Demagante, A. Acasio, R., Domingo, A., Hagerman, H.: Response of solanum potatoes to mulching during different seasons in an isohyperthermic environment in the Philippines. Tropical Agriculture (Trinidad). 1986. Vol. 63. Pp. 229–239.
7. Malik N.J., Dwell R.B., Thornton M.K., Pavek J.J. Dry matter accumulation in potato cloves under seasonal high temperature conditions in Pakistan // Amer. Potato J. 1992. Vol. 52. Pp. 267–274. DOI:10.1007/BF02852679
8. Struik P.C., Ewing E.E. Crop physiology of potato (Solanum tuberosum): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. In: Haverkort A.J., MacKerron D.K.L. (eds) Potato Ecology And modelling of crops under conditions limiting growth. Current Issues in Production Ecology. Dordrecht. Springer, 1995. Vol 3. Pp. 19–40.

1. Appendix A2. Agrometeorological hazards. Guidance Document (RD-52.88.699-2008). Regulations on the procedure of actions of institutions and organizations in the event of a threat of occurrence and occurrence of dangerous natural phenomena [Web resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105083>. Access date: 28.05.2020. (In Russ.).
2. Sagitov A.O., Perevertin K.A. Phytonematology – agricultural production. Alma-Ata. Kainar. 1987. 184 p. (In Russ.).
3. R.S.-Kh. Edelgeriev (ed.) Global climate and soils of Russia: Assessment of risks and ecological and economic consequences of land degradation. Adaptive systems and technologies of rational nature management (agriculture and forestry). Moscow. GEOS 2019. 286 p. (In Russ.).
4. Babkina A.V. Ermakova E.A., Svetlova G.N. Economic and mathematical methods and modeling: educational and methodological guide. Moscow. RSAU–MSHA after K. A. Timiryazev, 2018. 112 p. (In Russ.).
5. Sabinin D.A. Physiological bases of plant nutrition. Moscow. Publishing house of the USSR Academy of Sciences. 1965. 346 p. (In Russ.).
6. Vander Zaag, P., Demagante, A. Acasio, R., Domingo, A., Hagerman, H.: Response of solanum potatoes to mulching during different seasons in an isohyperthermic environment in the Philippines. Tropical Agriculture (Trinidad). 1986. Vol. 63. Pp. 229–239.
7. Malik N.J., Dwell R.B., Thornton M.K., Pavek J.J. Dry matter accumulation in potato cloves under seasonal high temperature conditions in Pakistan. Amer. Potato J. 1992 Vol. 52. Pp. 267–274. DOI:10.1007/BF02852679
8. Struik P.C., Ewing E.E. Crop physiology of potato (Solanum tuberosum): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. In: Haverkort A.J., MacKerron D.K.L. (eds) Potato Ecology And modelling of crops under conditions limiting growth. Current Issues in Production Ecology. Dordrecht. Springer, 1995. Vol. 3. Pp. 19–40.

Об авторах

Author details

Перевертин Кирилл Александрович (ответственный за переписку), доктор биол. наук, Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Почвенный институт имени В.В. Докучаева. E-mail: perevertink@mail.ru

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

Белолубцев Александр Иванович, доктор с.-х. наук, профессор, и.о. декана факультета агрономии и биотехнологии, РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: agrofak@rgau-msha.ru

Симаков Евгений Алексеевич, доктор с.-х. наук, профессор, зав. отделом экспериментального генофонда, ВНИИКХ имени А.Г. Лорха

Иванцова Наталья Николаевна, канд. техн. наук, доцент, кафедра высшей математики, РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: kozuch75@rgau-msha.ru

Васильев Тарас Аркадьевич, н.с. междисциплинарной лаборатории математического моделирования почвенных систем, Почвенный институт имени В.В. Докучаева. E-mail: soilsystemslab@gmail.com

Perevertin K.A. (author for correspondence), D. Sci (Biol.), Parasitology Centre, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. E-mail: perevertink@mail.ru

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

Belolubtsev A.I., D. Sci (Agr.), professor, acting dean of faculty of agronomy and biotechnology, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: agrofak@rgau-msha.ru

Simakov E.A., D. Sci (Agr.), professor, head of the experimental gene pool department, Lorch Potato Research Institute
Ivantsova N.N., Cand. Sci. (Techn.), associate professor, department of higher mathematics, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: kozuch75@rgau-msha.ru

Vasil'ev T.A., research fellow, Interdisciplinary Laboratory for Mathematical Modeling of Soil Systems, Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev. E-mail: soilsystemslab@gmail.com

Гибриды перца сладкого в открытом грунте: особенности технологии

Technological specifics of growing sweet pepper hybrids in the open ground

Огнев В.В., Чернова Т.В., Гераскина Н.В., Авдеенко С.С.,
Каменева В.К.

Аннотация

В России постоянно растет спрос на свежие плоды перца и продукты переработки этой культуры. В товарном производстве все шире используют гибриды перца. Возделывание гибридов должно учитывать их биологические особенности и способствовать реализации их продуктивного потенциала. Цель исследования: совершенствование отдельных элементов технологии возделывания новых отечественных гибридов перца сладкого для обеспечения получения высоких урожаев экологически безопасной продукции. Исследования проводили в 2016–2019 годах в Селекционно-семеноводческом центре «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск» в Ростовской области. Сумма осадков за период с марта по октябрь составляла 268 мм. Сумма активных температур свыше 10 °С превышала 3200 °С. Почвы в опытах – чернозем обыкновенный. Содержание гумуса в пахотном слое – 4,2%. Реакция почвенной среды – щелочная, pH_{KCl} – 7,8. Перец выращивали рассадным методом. Высадка рассады в открытый грунт – в первой декаде мая. Предшественник – огурец. Орошение капельное с системой фертигации. Схема опытов включала три варианта: контроль (традиционная технология с применением комплексных балластных удобрений и химических препаратов для защиты растений); комбинированная технология с применением комплексных балластных удобрений в основном внесении, комплексных безбалластных водорастворимых удобрений в подкормки с сочетанием биологических и химических средств защиты растений; биологизированная технология с применением органических удобрений в основное внесение, посевом на сидераты промежуточных злаковых культур, применением комплексных безбалластных водорастворимых удобрений в подкормки и биологических средств защиты растений. Материалом для исследований служили гибриды перца F_1 Илона и F_1 Байкал. В результате исследований установлено, что по комплексу показателей преимущество перед другими имела комбинированная технология производства. Возделывание новых отечественных гибридов перца сладкого F_1 Илона и F_1 Байкал по комбинированной технологии экономически выгодно. Урожайность гибридов превышала 70 т/га, при себестоимости менее 6 р/кг и уровне рентабельности более 110%.

Ключевые слова: перец сладкий, гибриды, технологии, удобрения, средства защиты растений, урожайность, товарность, рентабельность.

Для цитирования: Огнев В.В., Чернова Т.В., Гераскина Н.В., Авдеенко С.С., Каменева В.К. Технологические особенности выращивания гибридов перца сладкого в открытом грунте // Картофель и овощи. 2020. №6. С. 14–19. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.74.78.002>

Основные посевные площади перец сладкий занимает на юге России. Это связано с высокими требованиями культуры к условиям выращивания и повышенным спросом у местного населения, которое широко использует плоды перца в домашней кулинарии. Кроме того,

на юге большие объемы продукции идут для изготовления разнообразных консервов, как самостоятельно, так и в виде премикса, улучшающего вкус и пищевую ценность готовых продуктов переработки мяса, рыбы или овощей. В последние годы возросли объемы поставки плодов пер-

ца в свежем виде в промышленные центры Средней полосы и Северные регионы [1, 2].

Пищевая ценность плодов перца сладкого делает его незаменимым продуктом питания с большой перспективой роста производства и потребления в масштабах всей страны.

Ognev V.V., Chernova T.V., Geraskina N.V., Avdeenko S.S.,
Kameneva V.K.

Abstract

The demand for fresh pepper fruits and processed products is constantly expansion in Russia. In commodity production, pepper hybrids are increasingly being used. The cultivation of hybrids should take into account their biological characteristics and contribute to the realization of their productive potential. The aim of the study is to improve individual elements of the technology of cultivating new domestic hybrids of sweet peppers to ensure high yields of environmentally friendly products. The research was carried out in 2016–2019 at the Breeding and seed production centre Rostovsky of Poisk Agro Holding In the Rostov region. The amount of precipitation for the period from March to October is 268 mm. The amount of active temperatures in excess of 10 °C exceeds 3200 °C. Soils in experiments – ordinary chernozem. The humus content in the arable layer is 4.2%, pH_{KCl} – 7.8. Pepper was grown by seedling method. Planting in the first decade of may. The predecessor is a cucumber. Drip irrigation with fertigation system. The scheme of experiments included 3 variants: standard (traditional technology using complex ballast fertilizers and chemicals to protect plants products); combined technology with the use of complex ballast fertilizers in the main application, feeding complex ballast-free water-soluble fertilizers, a combination of biological and chemical plant protection products; biological technology using organic fertilizers in the main application, sowing on the siderats of intermediate cereal crops, the use of complex ballast-free water-soluble fertilizers in fertilization and biological plant protection products. The material for the research was the hybrids of pepper F_1 Ilona and F_1 Baikal. As a result of the research, it was found that the combined production technology had an advantage over others. The cultivation of new domestic hybrids of sweet peppers F_1 Ilona and F_1 Baikal on combined technology is economically profitable. The yield of hybrids exceeded 70 tons per hectare, at a cost of less than 6 rubles/kg and the level of profitability of more than 110%.

Key words: sweet pepper, hybrids, technologies, fertilizers, plant protection products, yield, marketability, profitability.

For citing: Ognev V.V., Chernova T.V., Geraskina N.V., Avdeenko S.S., Kameneva V.K. Technological specifics of growing sweet pepper hybrids in the open ground. Potato and vegetables. 2020. No6. Pp. 14–19. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.74.78.002> (In Russ.).

Плоды этой культуры считаются поливитаминным концентратом, содержащим широкий набор биологически активных веществ, улучшающих качество пищи, ее усвояемость, придающих ей лечебные и диетические свойства [3].

Традиционно перец сладкий выращивают в открытом грунте через рассаду. Незначительные площади заняты культурой в защищенном и утепленном грунте [4]. Основными производителями плодов на юге России считаются Волгоградская, Ростовская область, Краснодарский край и республики Северного Кавказа [5].

В последние годы в производстве перца сладкого наметилась тенденция перехода от возделывания сортов-популяций к выращиванию гетерозисных гибридов первого поколения. Гибриды имеют несомненные преимущества перед сортами в величине урожайности, товарности и качестве урожая. Они в наибольшей степени подходят для выращивания по интенсивным технологиям [6]. Интенсивные технологии предполагают высокий уровень химизации, что сказывается на качестве и безопасности получаемой продукции. Отечественные гибриды перца сладкого появились в производстве сравнительно недавно, в то время как иностранные селекционно-семеноводческие компании уже давно предлагают на рынке исключительно гибриды [7].

Возделывание гибридов перца сладкого в открытом грунте имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при их освоении в производстве. Вопросы получения экологически безопасной продукции при этом изучены крайне недостаточно.

В связи с этим основной целью исследований было изучение отдельных элементов технологии возделывания новых отечественных гибридов перца сладкого и их совершенствование для обеспечения получения высоких урожаев экологически безопасной продукции.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

Определяли критически важные для получения экологически безопасной продукции элементы технологии выращивания перца сладкого и намечали пути совершенствования этих элементов в направлении биологизации;

Проводили сравнительные испытания новых гибридов перца сладкого при выращивании по обычным и биологизированным технологиям с оценкой их эффективности.

Условия, материал и методы исследований

Исследования проводили в 2016–2019 годах на полях селекционного севооборота в Селекционно-семеноводческом центре «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск», расположенном в Октябрьском районе Ростовской области. Климат зоны

деятельности селекцентра континентальный, с безморозным периодом более 260 дней, жарким и засушливым летом и относительно короткой и теплой зимой. Весной наблюдаются резкие перепады суточных значений температуры вплоть до заморозков, летом часты суховеянные явления. Сумма атмосферных осадков за вегетационный период с апреля по октябрь составляет 268 мм. ГТК – 0,6. Сумма активных температур выше 10 °С – 3200 °С [8]. Почвы в опытах – чернозем обыкновенный североприазовский. Мощность гумусового горизонта 90 см. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2%. Емкость поглощения 39,2 мг-экв/100 г почвы. Гранулометрический состав глинистый, плотность сложения 1,20–1,30 г/см³. Реакция почвенной среды щелочная, рН_{KCl} – 7,8 [9]. Погодные условия в годы проведения опытов были близки к среднемноголетним значениям. Технология выращивания перца – рекомендованная для зоны [10]. Перец выращивали через рассаду с пикировкой в горшочки, забег – 45 дней. Растения высаживали на постоянное место в первой декаде мая, когда уменьшалась опасность наступления заморозков и длительных похолоданий. Предшественник в опытах – огурец. Орошение капельное с системой фертигации. Удобрения применяли в соответствии со схемой опытов. Использовали комплексные балластные (нитроаммофоска) и безбалластные водорастворимые удобрения с микроэлементами (полифиды). Для защиты от вредоносных организмов применяли рекомендованные дозы химических и биологических средств защиты растений (Актара, БИ-58 новый, Конфидор Экстра, Фитоверм, Лепидоцид, Битоксибациллин). Урожай убирали вручную в технической спелости. Материалом для исследований служили гибриды перца сладкого собственной селекции F₁ Илона и F₁ Байкал.

Схема опытов включала три варианта.

1. Контроль (традиционная технология с применением комплексных балластных удобрений, поливов без фертигации, защитой от вредных организмов с применением только химических средств защиты растений).

2. Комбинированная технология с применением комплексных балластных удобрений в основное внесение, корневых подкормок комплексными безбалластными водорастворимыми удобрениями, с сочетанием



Рис. 1. Гибриды перца сладкого F₁ Илона и F₁ Байкал в опыте

биологических и химических средств защиты растений.

3. Биологизированная технология с применением органических удобрений в основное внесение, посевом и заделкой на сидераты промежуточных культур, внесением комплексных безбалластных водорастворимых удобрений в корневых подкормках через систему фертигации и листовых подкормках через опрыскивание, применением только биологических средств защиты растений.

Площадь учетной делянки 84 м². Повторность четырехкратная. Расположение вариантов систематическое, ярусное (рис. 1). Учеты включали измерение высоты растений, динамики роста растений, облиственности, подсчет общего количества плодов за все сборы, определение средней массы плодов, толщины перикарпия плода и их товарности, пораженности растений и плодов болезнями и вредителями в баллах, общего и раннего урожая. Фиксировали также прямые затраты на выращивание перца по вариантам опыта. Методики учетов и наблюдений – общепринятые [11]. Математическая обработка результатов опытов – методом дисперсионного анализа [11]. Экономические показатели применения разных технологий включали определение себестоимости продукции и уровня рентабельности возделывания новых гибридов по различным технологиям [11].

Результаты исследований

Анализ соответствия требований культуры перца сладкого условия выращивания свидетельствует, что лимитирующие для него факторы в открытом грунте – влажность почвы и воздуха, почвенное плодородие и вредные организмы. Не требуют специальной регуляции освещенность и обеспеченность теплом.

Повсеместный переход на капельную систему орошения с фертигацией в открытом грунте позволяет достаточно эффективно регулировать режим влажности почвы.



Рис. 2. Плоды гибрида F₁ Илона

Некоторые затруднения возникают с регулированием влажности воздуха, особенно летом, из-за суховея. Для создания оптимальной влажности воздуха в приземном слое необходимо по возможности использовать спринклерные системы орошения и выращивать гибриды перца с мощным листовым аппаратом. Сильное развитие листьев прикрывает плоды от солнечных ожогов и создает оптимальную влажность под их пологом за счет транспирации и слабого проветривания. Изученные гибриды перца F₁ Илона (рис. 2) и F₁ Байкал (рис. 3) соответствуют этим требованиям, отличаются высокой облиственностью, а плоды полностью укрыты листьями. Другая проблема капельного орошения возникает при поливе минерализованной водой. Вокруг контура увлажнения в почве возникает прочный водонепроницаемый слой, ограничивающий корнеобитаемый объем почвы. Усиливается эта

проблема при использовании фертигации. Для решения этой проблемы необходимо слева и справа от ряда растений прокладывать две капельные линии, что увеличивает рабочий объем субстрата для корневой системы.

При применении удобрений целесообразно не чередовать обычные поливы с подкормочными, а проводить всегда только подкормочные поливы, распределив норму удобрений между ними. В этом случае концентрация удобрений в поливной воде может постепенно увеличиваться с 0,3 г/л до 1,5 г/л. Для применения через систему капельного орошения подходят специальные марки удобрений, полностью водорастворимые, безбалластные. Соотношение основных элементов питания необходимо корректировать по фазам роста и развития растений перца. Гибриды перца из-за более высокой урожайности нуждаются и в более высоких

Таблица 1. Влияние технологий выращивания на высоту растений, облиственность и продолжительность периода всходы – плодоношение, среднее за 2016–2019 годы

Технология	Гибрид перца					
	F ₁ Илона	F ₁ Байкал	F ₁ Илона	F ₁ Байкал	F ₁ Илона	F ₁ Байкал
	Высота растений, см		Площадь листьев, см ² /раст		Продолжит. периода всходы – плодоношение, дней	
Традиционная (контроль)	45,0	68,4	2100	2400	85	90
Комбинированная	48,2	70,8	2350	2480	86	90
Биологизированная	50,4	74,6	2440	2560	88	92
НСР ₀₅	2,30	2,49	87,3	96,7	2,2	2,1

Таблица 2. Влияние технологий выращивания на продуктивность растений перца, среднее за 2016–2019 годы

Технология	Гибрид перца					
	F ₁ Илона		F ₁ Байкал		F ₁ Илона	
	Количество товарных плодов, шт/раст.	Средняя масса товарного плода, г	Толщина перикарпия, мм	F ₁ Байкал	F ₁ Илона	F ₁ Байкал
Традиционная (контроль)	9,0	12,4	160,0	120,4	6,4	6,0
Комбинированная	9,2	12,8	168,6	126,8	6,6	6,4
Биологизированная	8,8	10,8	168,0	124,8	6,6	6,2
НСР ₀₅	0,32	0,42	6,3	4,6	0,2	0,2

дозах удобрений с обязательным применением микроэлементов [12, 13]. Общую дозу удобрений невозможно выдать ни единовременно под основное внесение, ни только в подкормки, поэтому применяют дробное внесение удобрений, распределив его на основное внесение с осени под вспашку, корневые и листовые подкормки в течение вегетации. Вынос на 10 т урожая плодов составляет 32 кг азота, 15 кг фосфорной кислоты и 35 кг оксида калия. Соответственно под планируемый урожай плодов на уровне 80 т/га необходимо внести дозу N₂₆₀P₁₂₀K₂₈₀. Учитывая высокую обеспеченность черноземных почв доступным калием, дозу внесения этого элемента можно сократить до 200 кг. При дробном внесении с осени под вспашку можно внести N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ [13], в корневые подкормки N₁₀₀K₆₀, в листовые подкормки N₄₀K₂₀. Комплексные безбалластные водорастворимые удобрения легко промываются осадками, загрязняя водоемы и грунтовые воды, поэтому для внесения в почву с осени они не пригодны. Для этой цели используют комплексные балластные или органические удобрения.

Соответственно в контроле по традиционной технологии и в комбинированной технологии с осени вносили комплексные балластные удобрения (нитроаммофоска 16:16:16), а в биологизированной – органические удобрения (перегной на основе индюшиного помета) в дозе 30 т/га. Для корневых подкормок в контрольном варианте использовали балластные удобрения (нитроаммофоска 16:16:16) и аммиачная селитра, а для листовых – мочевины и сульфат ка-

лия. В комбинированном варианте и биологизированной технологии в подкормках использовали различные марки комплексных безбалластных водорастворимых удобрений (полифиды) и мочевины. В биологизированной технологии применяли выращивание тритикале на сидератах. После скашивания и измельчения зеленой массы злака под вспашку вносили перегной.

Из вредителей наибольшую опасность представляли тли, трипсы и хлопковая совка, а из болезней – фузариозное увядание и столбур (желтуха). В контрольном варианте для защиты от вредителей использовали химические инсектициды из группы неоникотиноидов: Актара, Конфидор Экстра в рекомендованных дозах с соблюдением сроков ожидания. Для уничтожения резерватов вредителей неудобья вокруг поля обрабатывали препаратом БИ-58 новый. Химические препараты для защиты от возбудителей болезней не применяли из-за их низкой эффективности и отсутствия разрешенных к применению на культуре перца. В комбинированной технологии против вредителей применяли химические препараты до начала цветения и биологические – в период цветения и плодообразования. Из биологических препаратов против тлей и трипсов применяли фитотверм, а против хлопковой совки – Лепидоцид и Битоксибациллин. В борьбе с болезнями биологические препараты не применяли из-за отсутствия разрешенных к применению на культуре перца. В биологизированной технологии применяли только биопрепараты для защиты от

вредителей. Для защиты от фузариозного увядания использовали последствие сидератов на патогенные грибки. Кроме того, гибриды перца сладкого F₁ Илона и F₁ Байкал имеют генетическую устойчивость к фузариозному увяданию и это позволяет защищаться от болезни в поле без применения средств защиты. К столбурной устойчивости в природе отсутствует, поэтому защита строится на основе профилактики и карантина. Сорные растения-резерваты инфекции уничтожали не только на полях, но и вокруг них на расстоянии более 50–100 м. Края полей поддерживали по типу черного пара, чтобы не допустить размножение насекомых-переносчиков инфекции.

Оценка влияния технологий выращивания гибридов перца сладкого на рост и развитие растений показывает преимущество биологизированной технологии в приживаемости рассады. Темпы роста растений также были более высокими в биологизированной технологии. Цветение и плодоношение начинались раньше при выращивании по традиционной и комбинированной технологиям, что связано с влиянием балластных удобрений. Высота растений и облиственность были выше по биологизированной технологии. Отмечены и сортовые различия как в высоте растений, их облиственности, так и в наступлении фазы плодоношения. В среднем за годы исследований растения гибрида F₁ Байкал были более высокорослыми, сильнее облиственными, но и более позднеспелыми (табл. 1). Количество товарных плодов и средняя масса плода были более высокими при использо-

Таблица 3. Влияние технологий выращивания на урожайность перца, среднее за 2016–2019 годы

Технология	Гибрид перца					
	F ₁ Илона		F ₁ Байкал		F ₁ Илона	
	Общая урожайность, т/га	Ранняя урожайность, т/га	Товарность, %	F ₁ Байкал	F ₁ Илона	F ₁ Байкал
Традиционная (контроль)	66,8	69,4	6,8	10,4	99,0	98,8
Комбинированная	71,8	75,4	7,8	11,4	99,2	99,0
Биологизированная	69,2	63,8	6,2	8,8	98,4	97,2
НСР ₀₅	2,62		0,4		-	

Таблица 4. Влияние технологий выращивания на поражение растений перца фузариозным увяданием, среднее за 2016–2019 годы

Технология	Гибрид перца			
	F ₁ Илона	F ₁ Байкал	F ₁ Илона	F ₁ Байкал
	Степень поражения, %		Средний балл поражения	
Традиционная (контроль)	12	4	2,0	0,2
Комбинированная	12	4	1,2	0,2
Биологизированная	4	2	0,4	0,1
HCP _{об}	0,1		0,01	

вании комбинированной технологии. Здесь также прослеживались сортовые особенности. Гибрид перца F₁ Илона имел более крупные и толстостенные плоды, но их количество было выше у гибрида F₁ Байкал (табл. 2). По величине общей и ранней урожайности, товарности плодов преимущество было у гибридов, выращиваемых по комбинированной технологии. Гибриды перца показали примерно одинаковую реакцию на агрофон (табл. 3). Заметные различия проявились только в качестве плодов. При биологизированной технологии в плодах накапливалось больше витамина С и меньше нитратов. Более высокими были эти показатели у гибрида F₁ Илона. Биологизированная технология показала свое преимущество в защите от вредителей и возбудителей болезней. Использование биоинсектицидов против таких вредителей, как тли и совки в настоящее время – единственно возможный вариант. Нет эффективных химических

препаратов, разрешенных к применению, да и применение их в период плодоношения просто недопустимо по санитарным нормам. Применение таких препаратов как Фитоверм, Битоксибациллин и Лепидоцид позволяет снизить численность вредителей до экономического порога их вредоносности. Сложнее бороться с трипсом. Проведение комплекса карантинных, профилактических и агротехнических мероприятий способствует ограничению распространения вредителя. Здесь важны работы по предупреждению заноса вредителя с орудиями труда, тарой, сельхозмашинами и транспортом, спецодеждой работников, а также проникновения их из сорняков – резерватов. Необходимы обработки инсектицидами неудобий, поддержание пространства вокруг поля по типу пара. В борьбе с возбудителями болезней важна другая стратегия. Это сочетание генетической устойчивости к патогену со специальными приемами агротехники. Такая

стратегия хорошо себя зарекомендовала в защите от трахеомикозов. Применение в технологии выращивания перца злаковых промежуточных культур на сидераты способствует снижению патогенной нагрузки из-за изменения структуры популяции почвообитающих грибов, уменьшения доли патогенной микрофлоры. Устойчивые генотипы и злаковые сидераты делают биологизированную технологию предпочтительной в защите от такого опасного заболевания, как фузариоз (табл. 4). При этом наглядно видно преимущество использования устойчивых генотипов над менее устойчивыми. К таким в наших исследованиях можно отнести гибрид F₁ Байкал. Расчет экономической эффективности выращивания гибридов перца сладкого по разным технологиям показал, что более выгодно использовать комбинированную технологию. Здесь себестоимость продукции была самой низкой и составила 5,8 р/кг у гибрида F₁ Байкал и 6,0 р/кг у гибрида F₁ Илона. По традиционной технологии она была выше на 1,4 и 2,1 р/кг, а по биологизированной на 1,2 и 1,8 р/кг соответственно. Уровень рентабельности по комбинированной технологии составил 124,0% по гибриду F₁ Байкал и 112% по гибриду F₁ Илона, что выше, чем по традиционной и биологизированной технологиям на 12,4–16,0%. Значительно удорожает производство применение комплексных водорастворимых безбалластных удобрений. Они в основном импортного производства и крайне дороги. Однако такие удобрения существенно влияют на урожай и его качество в сторону увеличения. Оптимальным можно считать использование в качестве основного отечественных балластных комплексных удобрений, а в подкормки – импортных комплексных безбалластных водорастворимых удобрений. То же касается средств защиты растений. Пока целесообразно использовать и химические препараты и биологические, но по мере развития производства разнообразных биопрепаратов следует последовательно переходить на них. Переход к использованию отечественных гибридов перца с генетической устойчивостью к патогенам также уже наметился и успешно реализуется на практике. Сочетание различных направлений совершенствования технологий выращивания гибридов перца сладкого в открытом грунте на юге России позволяет последовательно



Рис. 3. Плоды гибрида F₁ Байкал

двигаться в направлении их биологизации и получения экологически безопасной продукции.

Выводы

При освоении в производстве новых отечественных гибридов перца сладкого возможно их выращивание по традиционным, комбинированным и биологизированным технологиям с применением как химических, так и органических удобрений, сидератов, химических и биологических средств защиты растений.

По комплексу показателей преимущество перед другими имела комбинированная технология производства, включающая использование балластных комплексных удобрений в основное внесение, комплексных безбалластных водорастворимых удобрений в подкормки и сочетание химических и биологических средств защиты растений.

Возделывание новых отечественных гибридов перца сладкого F₁ Илона и F₁ Байкал по комбинированной технологии экономически вы-

годно. Урожайность гибридов превышала 70 т/га, при себестоимости менее 6 р/кг и уровне рентабельности более 110%.

При расширении объемов производства и ассортимента отечественных комплексных безбалластных водорастворимых удобрений и биологических средств защиты растений перспективен переход на биологизированную технологию возделывания гибридов перца сладкого.

Библиографический список

References

1. Огнев В.В., Костенко А.Н., Барбаричская И.В. Перечное изобилие от Агрохолдинга «Поиск» // Картофель и овощи. 2018. №11. С. 39–40.
2. Огнев В.В., Чернова Т.В., Полтавский Н.А. Селекция перца для юга России // Картофель и овощи. 2017. №11. С. 38–40.
3. Пышная О.Н., Мамедов М.И., Пивоваров В.Ф. Селекция перца. М.: ВНИИССОК, 2012. 248 с.
4. Огнев В.В., Чернова Т.В. Перец в пленочных теплицах на юге России // Картофель и овощи. 2014. №2. С. 17–19.
5. Гиш Р.А., Гикало Г.С. Овощеводство юга России. Краснодар: ЭДВИ, 2012. 632 с.
6. Монахов Г.Ф. Селекция и семеноводство овощных культур в России на современном этапе // Вестник овощевода. 2012. №1. С. 15–21.
7. Огнев В.В., Чернова Т.В., Гераськина Н.В. Исходный материал перца сладкого // Картофель и овощи. 2015. №6. С. 14–15.
8. Хрусталева Ю.П. и др. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Батайское кн. изд-во, 2002. 184 с.
9. Агафонов Е.В., Полуэктова Е.В. Почвы и удобрения в Ростовской области. Персиановка: Донской ГАУ, 1999. 90 с.
10. Голубев Я.А. и др. Технология производства перца сладкого в условиях юга России. Краснодар: ГНУ КНИИОКХ Россельхозакадемии, 2008. 32 с.
11. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ ВНИИО, 2011. 649 с.
12. Удобрение перца сладкого / В.А. Борисов, А.М. Меньших, В.С. Соснов, Г.Ф. Монахов // Картофель и овощи. 2018. №3. С. 16–17.
13. Лудилова В.А., Гикало Г.С., Гиш Р.А. Культура перца на Северном Кавказе. Краснодар: Куб ГАУ, 1999. 214 с.

1. Ognev V.V., Kostenko A.N., Barbaritskaya I.V. Peppers abundance from Poisk Agro Holding. Potato and vegetables. 2018. No11. Pp. 39–40 (In Russ.).
2. Ognev V.V., Chernova T.V., Poltavsky N.A. Pepper Selection for southern Russia. Potato and vegetables. 2017. No11. Pp. 38–40 (In Russ.).
3. Pishnaya O.N., Mamedov M.I., Pivovarov V.F. Pepper Selection. Moscow: All-Russian research institute of breeding and seed production, 2012. 248 p. (In Russ.).
4. Ognev V.V., Chernova T.V. Pepper in spring greenhouses in southern Russia. Potato and vegetables. 2014. No2. Pp. 17–19 (In Russ.).
5. Gish R.A., Gikalo G.S. Vegetables of Southern Russia. Krasnodar: EDVI, 2012. 632 p. (In Russ.).
6. Monakhov G.F. Vegetable and Seed production in Russia at the present stage. Vegetable grower's Bulletin. 2012. No1. Pp. 15–21 (In Russ.).
7. Ognev V.V., Chernova T.V., Geraskina N.V. The source material of sweet peppers. Potato and vegetables. 2015. No6. Pp. 14–15 (In Russ.).
8. Khrustalev Yu. P. et al. Climate and agroclimatic resources of the Rostov region. Rostov on Don: Bataisk Published, 2002. 184 p. (In Russ.).
9. Agafonov E.V., Poluektov E.V. Soils and Fertilizers in the Rostov Region. Persianovka: Donskoy Agricultural University, 1999. 90 p. (In Russ.).
10. Golubev Ya. A. et al. The technology of producing sweet peppers in the conditions of southern Russia. Krasnodar: Krasnodar Research Institute of Vegetable and Potato, 2008. 32 p. (In Russ.).
11. Litvinov S.S. Method of field experience in vegetable production. M.: All-Russian vegetable research institute, 2011. 649 p. (In Russ.).
12. Fertilizer of sweet peppers. V.A. Borisov, A.M. Men'shih, V.S. Sosnov, G.F. Monakhov. Potatoes and vegetables. 2018. No3. Pp. 16–17. (In Russ.).
13. Ludilov V. A., Gikalo G. S., Gish R. A. Pepper culture in the North Caucasus. Krasnodar: Kubanskiy Agricultural University, 1999. 214 p. (In Russ.).

Об авторах

Author details

Огнев Валерий Владимирович (ответственный за переписку), канд. с.-х. наук, доцент, директор, Селекционно-семеноводческий центр «Ростовский» (ССЦ «Ростовский») Агрохолдинга «Поиск». E-mail: ognevww@bk.ru

Чернова Татьяна Викторовна, селекционер, ССЦ «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск»

Гераськина Надежда Викторовна, канд. с.-х. наук, селекционер, ССЦ «Ростовский» Агрохолдинга «Поиск», ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Авдеенко Светлана Сергеевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Каменева Вера Константиновна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры растениеводства и садоводства, ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Ognev V.V. (author for correspondence), Cand. Sci. (Agr.), associate professor, director, Breeding and seed production centre Rostovsky, Poisk Agro Holding. E-mail: ognevww@bk.ru

Chernova T.V., breeder, Breeding and seed production centre Rostovsky, Poisk Agro Holding

Geraskina N.V., Cand. Sci. (Agr.), breeder, Breeding and seed production centre Rostovsky, Poisk Agro Holding, associate professor, Don State Agrarian University (DSAU)

Avdeenko S.S., Cand. Sci. (Agr.), associate professor of the Department of agriculture and technology of crop production storage, DSAU

Kameneva V.K., Cand. Sci. (Agr.), associate professor of the Department of plant and horticulture, DSAU

Риски распространения в Российской Федерации новых вирусных болезней томата

Risks of new tomato virus diseases spreading in the Russian Federation

Игнатов А.Н., Гриценко В.В., Джалилов Ф.С.-У.

Ignatov A.N., Gritsenko V.V., Dzhaliilov F.S.-U.

Аннотация

Анализ наиболее вредоносных вирусных фитопатогенов на предприятиях защищенного грунта показывает, что проникновение новых видов с семенами и готовой продукцией из других регионов и стран подвергает производство томата большому риску. Главная проблема выявления заражения – длительный инкубационный период для вирусных болезней и необходимость инструментальных методов идентификации патогена. Достижения в области иммунологического и молекулярного анализа вирусов растений позволяют технически обнаруживать большое число новых видов и биотипов, сводя проблему диагностики к вопросу экономической целесообразности такого анализа. Для того, чтобы определить минимальный набор диагностируемых видов, необходимо оценить разнообразие вирусов, поражающих томат, и риск их распространения в тепличных хозяйствах Российской Федерации. Авторы анализируют ранее опубликованные данные по зараженности томата в мире и РФ для определения наиболее опасных вирусов, которые могут нанести существенный ущерб производству томата. Если учитывать число видов и наносимый ущерб, то на первых местах находятся ДНК-вирусы семейства Geminiviridae (включая род Begomovirus) и РНК-вирусы родов Tobamovirus, Cucumovirus и некоторых других. Среди вирусов с максимальным потенциальным риском – бегомовирус желтой курчавости листьев томата (TYLCV). Проблемы, вызываемые бегомовирусами, в том числе TYLCV и его многочисленными локальными вариантами, связаны в первую очередь с распространением биотипа В табачной белокрылки. Он способен размножаться на широком круге растений и служит своеобразным «аккумулятором» вирусов – может переносить около 100 различных видов. Вирус коричневой (бронзовой) морщинистости плода (ToBRFV, род Tobamovirus) был обнаружен в 2015 году в Иордании, и представляет значительный риск для всего производства томатов РФ. Поскольку противовирусные препараты недоступны, стратегии борьбы с ними основываются на генетической устойчивости растений, уничтожении переносчиков и на карантинных мерах по предотвращению заболеваний, а также на дезинфекции теплиц. Расширение международной торговли растительными продуктами повысило риск ввоза новых вирусов в растительные экосистемы с идеальными условиями для заражения растений, развития вирусов и их сохранения в течение круглого года. Изменение климатических условий может способствовать успешному распространению привнесенных вирусов и их переносчиков в экосистемы открытого грунта.

Ключевые слова: вирусы, переносчики, растения, агроценоз теплиц.

Для цитирования: Игнатов А.Н., Гриценко В.В., Джалилов Ф.С.-У. Риски распространения в Российской Федерации новых вирусных болезней томата // Картофель и овощи. 2020. №5. С. 3-10. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.80.51.001>

Abstract

Analysis of the most harmful viruses pathogenic for tomato in greenhouses shows that the spreading of new species occurs with seeds and fruits from other regions and countries, and exposes tomato production to a great risk. Long latent period for virus diseases and the need for instrumental methods of pathogen identification are the main problem for identifying the pathogen and source of infection, and decision making for its control. Advances in the field of immunological and molecular analysis of plant viruses allow technically a detection of a number of virus species and biotypes, reducing the problem of diagnosis to the question of economic feasibility of such work. In order to determine the minimum set of diagnosed virus species, the diversity of viruses that infect tomatoes and the risk of their spreading in greenhouses in the Russian Federation as assayed. We analyzed some previously published data on tomato viruses across the world and the Russian Federation to determine the most harmful viruses that can cause significant damage to tomato production. Taking in account the number of species and the damage caused, the first places are held by DNA viruses Geminiviridae (including genus Begomovirus), and RNA-virus genera Tobamovirus, Cucumovirus and some others. Among the viruses with the highest potential risk is the tomato leaf yellow curl virus (TYLCV). Problems caused by bегомовирусами, including TYLCV and related species are primarily associated with the spread of the tobacco whitefly biotype B. It is able to reproduce on wide range of host plants and serves as reservoir of viruses – it can a vector for about 100 species. Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV, genus Tobamovirus) was discovered in 2015 in Jordan, and represents a significant risk for the entire production of tomatoes in the Russian Federation. Antiviral pesticides are not available, and control strategies rely on genetic resistance or phytosanitary measures to prevent diseases, or on eradication of diseased crops and vectors, and greenhouses sanitation. Increasing international travel and trade of plant materials enhances the risk of introducing new viruses and their vectors into production systems. In addition, changing climate conditions can contribute to a successful spread of newly introduced viruses or their vectors to agro-ecosystems in areas that were previously free of those viruses.

Key words: viruses, vectors, plants, greenhouse agroecosystem.

For citing: Ignatov A.N., Gritsenko V.V., Dzhaliilov F. S.-U. Risks of new tomato virus diseases spreading in the Russian Federation. Potato and vegetables. 2020. No5. Pp. 3-10. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.80.51.001> (In Russ.).

Мировое производство томата в 2017 году достигло 182 258 тыс. т, показывая ежегодный прирост около 1,6% [1]. По стоимости томат (*Solanum lycopersicum*) занимает 72% общего производства

свежей овощной продукции. Одна из главных проблем производства томата – высокая восприимчивость культуры к вирусным болезням. Томат поражается 136 видами вирусов – существенно больше,

чем для таких родственных культур, как перец (*Capsicum annuum*), картофель (*S. tuberosum*) или баклажан (*S. melongena*) [2]. Значительную роль в распространении вирусов играет тепличная культура томата.

Цель: на основании анализа имеющихся данных охарактеризовать риски распространения новых вирусных болезней томата в Российской Федерации.

Условия, материалы и методы исследований

Методы обнаружения вирусов в растениях

Еще недавно анализ присутствия неизвестных вирусов в растениях зависел от методов инокуляции индикаторных видов растений и электронной микроскопии. Использование иммунологических методов, основанных на реакции антигенов вируса с гомологичными антителами животных, ускорило анализ, но потребовало длительной и трудоемкой подготовительной работы. Развитие методов ПЦР-анализа позволило расширить список анализируемых видов в каждой лаборатории и заново создать систематику вирусов, основанную на сходстве их геномов. Тем не менее, главным ограничением является то, что мы определяем наличие в растении только ограниченно числа ожидаемых видов патогена, и очень часто упускаем факты смешанного заражения или появления новых для конкретного растения или региона видов вирусов.

Применение методов секвенирования следующего поколения (next generation sequencing (NGS)) дает возможность определять новые вирусы растений без предварительной информации о вероятном заражении, основываясь только на сходстве последовательностей их нуклеиновых кислот с образцами Генбанка. Эти методы уже применяются в тестовом режиме службами защиты и карантин растений в некоторых странах, и вероятно, получат широкое распространение через несколько лет.

Результаты исследований

По итогам 2019 года площадь зимних теплиц в Российской Федерации составила не менее 2,8 тыс. га. Общий сбор овощей в защищенном грунте в 2019 году достиг 1240 тыс. т. [3]. Но, несмотря на это, проблемы защиты растений от болезней остаются даже при улучшенной технологии выращивания тепличных культур. В последние годы на территории России отмечается усиление вредоносности вирусных болезней растений из-за недостатка своевременной диагностики вирусов в посевном материале и на растениях, а также нехватки эффективных мер борьбы с ними [4].

А.К. Ахатов и Е.А. Ахатов описали факторы технологии, способствующие распространению вирусов в защищенном грунте: регулярный сбор продукции с молодых растений без мер предосторожности и интерплантинг создают условия для перезаражения растений; короткий разрыв между оборотами не дает достаточно времени для полной дезинфекции и дезинсекции; теплицы работают круглогодично, поддерживая популяции патогена и/или его переносчика [5]. К этому можно добавить практику отказа от изолирующих сеток в рассадных отделениях для улучшения вентиляции в летний сезон и недостаток общей изоляции растений от насекомых-переносчиков вирусов.

Анализ известных случаев появления новых вирусов на предприятиях защищенного грунта показывает, что основные пути проникновения вирусов – семена и посадочный материал, готовая продукция из других регионов и стран, складываемая в пределах тепличных хозяйств, насекомые-переносчики и рабочие, контактировавшие с зараженными растениями вне хозяйства. Главная проблема выявления источника заражения – длительный инкубационный период вирусных болезней и необходимость инструментальных методов (ИФА, ПЦР) для идентификации патогена.

Вирусы, поражающие томат

Число видов вирусов, поражающих наиболее важные культуры в закрытом грунте, исчисляется десятками. Современными инструментальными методами, например, такими как NGS, можно определять все присутствующие в растении вирусы, но по экономическим причинам, сейчас ПЦР или иммунологический анализ проводится только для наиболее вредоносных.

На проявление симптомов, динамику развития и вредоносность вирусных болезней влияет комплекс факторов: сортовые особенности и возраст растений, условия выращивания (диапазон температур) и освещенность. Наличие других вирусов в растении может полностью изменить симптомы болезни и усилить их вредоносность во много раз. Необходимо учитывать и то, что, несмотря на видоспецифичные названия вирусов, они способны заражать многие виды растений различных семейств, нередко развиваясь в них без проявления внешних симптомов болезни (т.н. латентное заражение) [6].

В табл. 1 приведены основные вирусы, поражающие томат в мире, по данным Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (EPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization) [7]. Если учитывать число видов и наносимый ущерб, то на первых местах находятся ДНК-вирусы семейства Geminiviridae (включая род Begomovirus) и РНК-вирусы родов Tobamovirus, Cucumovirus, а также некоторых других.

Семейство Geminiviridae включает 9 родов и более 360 видов вирусов [8]. Эти вирусы вызывают на растениях симптомы желтой мозаики, желтой крапчатости, курчавости листьев, карликовости, стрика и значительно уменьшают урожайность томата. Вирусы этой группы имеют геном, состоящий из одноцепочечной ДНК. Вирусы родов Mastrevirus и Curtovirus переносятся различными видами цикадок, штаммы возбудителя ложной курчавости верхушки томата (TSCTV, род Topocovirus) также переносит цикадка *Micrutalis malleifera*. Виды рода Begomovirus переносит табачная (хлопковая) белокрылка *Bemisia tabaci*. Ущерб, наносимый этими вирусами растениеводству, огромен. Геномы разных видов бегомовирусов при заражении одного растения способны рекомбинировать и давать новые генотипы, более приспособленные к конкретному растению-хозяину. Ареал распространения вирусов Geminiviridae относительно недавно затронул Российскую Федерацию, и, в первую очередь, это связано с изменением климата и заселением территории страны насекомыми-переносчиками этих вирусов [9]. Предполагается, что указанные вирусы происходят от плазмид фитоплазм [10]. Известны также факты включения их ДНК в геномы растений [11].

Известны 37 видов рода тобамовирусов (Tobamovirus, сем. Virgaviridae) поражающих большое число различных культур. К этому роду относятся возбудители мозаики табака (TMV) и томата (ToMV). В большинстве случаев тобамовирусы вызывают некротические поражения листьев и плодов томата [12]. Вирусы передаются механически и семенами, отличаются высокой устойчивостью в окружающей среде. Три группы тобамовирусов специализируются на различных семействах растений – на пасленовых,

Таблица 1. Вирусы, поражающие томат со значительными экономическими потерями [7]

Заболевание	Вид	Род	Код	в РФ*
Семейство Geminiviridae				
Курчавость верхушки, пожелтение	Beet Curly Top Virus	Curtovirus	BCTV	+
Ложная курчавость верхушки	Tomato pseudo-curly top virus	Topocuvirus	TPCTV	-
Крапчатость	Tomato mottle geminivirus	Begomovirus	ToMoV	-
Желтая курчавость листьев	Tomato yellow leaf curl virus	Begomovirus	TYLCV	-
Курчавость листьев томата	Tomato leaf curl New Delhi virus	Begomovirus	ToLCNDV	-
Сильная морщинистость плода	Tomato severe rugose virus	Begomovirus	ToSRV	-
Карликовая курчавость листьев	Tomato dwarf leaf curl virus	Begomovirus	TODLCV	-
Золотая мозаика	Tomato golden mosaic virus	Begomovirus	TGMV	-
Желтая мозаика	Tomato yellow mosaic virus	Begomovirus	TOYMV	-
Желтая штриховатость жилок	Tomato yellow vein streak virus	Begomovirus	TOYVSV	-
Семейство Virgaviridae				
Мозаика/внутренний некроз плодов	Tobacco mosaic virus	Tobamovirus	TMV	+
Мозаика	Tomato mosaic virus	Tobamovirus	ToMV	+
Коричневая морщинистость плода	Tomato brown rugose fruit virus	Tobamovirus	ToBRFV	-
Семейство Bromoviridae				
Аспермия	Tomato aspermy virus	Cucumovirus	TAV	+
Папоротниковый лист	Cucumber mosaic virus	Cucumovirus	CMV	+
Вирус пестроперой мозаики	Gayfeather mild mottle virus	Cucumovirus	GFMMV	+
Семейство Secoviridae				
Некротическая пятнистость	Capsicum annum necrotic spot virus	Nepovirus	CaNSV	+
Вирус мозаики резухи	Arabis mosaic virus	Nepovirus	ArMV	+
Кольцевая пятнистость	Tomato ringspot virus	Nepovirus	TORSV	+
Черная кольцевая пятнистость	Tomato black ring virus	Nepovirus	TBRV	+
Potyviridae				
Колумбийский Датурса вирус	Columbian datura virus	Potyvirus	CDV	-
Гравировка	Tobacco etch virus	Potyvirus	TEV	+
Вирус картофеля Y	Potato virus Y	Potyvirus	PVY	+
Alphaflexiviridae				
Мозаика пепино	Pepino mosaics virus	Potexvirus	PepMV	+
X вирус картофеля	Potato virus X	Potexvirus	PVX	+
Closteroviridae				
Хлороз	Tomato chlorosis virus	Crinivirus	ToCV	-
Инфекционный хлороз	Tomato infectious chlorosis virus	Crinivirus	TICV	-
Прочие				
Некроз/желтая мозаика томата	Alfalfa mosaic virus	Alfamovirus	AMV	+
Пожелтение верхушки	Tomato yellow top virus	Luteovirus	TYTV	-
Скручиваемость листьев	Potato leafroll virus	Polerovirus	PLRV	+
Бронзовость томата	Tomato spotted wilt virus	Tospovirus	TSWV	+
Вирус Торрадо	Tomato torrado virus	Torradovirus	ToTV	-
Кустистая карликовость	Tomato bushy stunt virus	Tombusvirus	TBSV	-

* «+» – присутствует, «-» – отсутствует в Российской Федерации

тыквенных и бобовых и на капустных культурах [13].

Род Cucumovirus (семейство Bromoviridae) включает типовой вид – вирус огуречной мозаики (CMV), поражающий более 1200 видов растений и 100 семейств двудольных и однодольных, включая однолетние овощные, декоративные культуры, многолетние древесные и кустарники. Растения томата, пораженные CMV на ранней стадии роста, желтеют и замедляют рост. Симптомы на листьях на поздних стадиях развития очень напоминают мозаику, вызываемую ToMV (рис. 1), но наиболее характерный симптом для CMV – нитевидность листьев и израстание листовой пластинки. Иногда симптомы проявляются только на самых молодых листьях растения. Плоды на пораженных растениях меньше по размеру, они созревают с опозданием и часто имеют некрозы. Патоген передается семенами, механически, при прививке, и тлями-переносчиками непersistентным способом [14].

Род Nepovirus (семейство Secoviridae) состоит из 36 видов, включая 4 вируса, поражающих пасленовые культуры и встречающиеся в РФ (табл. 1). Неповирусы передаются нематодами, клещами и трипсами [15, 16]. Потексивирусы (род Potexvirus) – механически передаваемые вирусы, поражающие в том числе и томат (PepMV первоначально выделен из пепино – *S. muricatum*). Род Crinivirus включает виды TICV и ToCV, передаваемые полуперсистентным способом табачной белокрылкой (*Bemisia tabaci*), популяция которой резко выросла в последние десятилетия, и оранжерейной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum*, активно распространяющейся на культурах открытого грунта летом и зимующей в тепличных комбинациях [17].

К потивирусам (Potyvirus) относят PVY, колумбийский датурса вирус (CDV) и вирус гравировки томата (TEV). Особая опасность PVY состоит в его широком распространении на посадках товарного картофеля, и в распространении несколькими видами тли, способных проникать в теплицы и перезаражать растения томата во время летнего сезона.

Роль смешанных вирусных инфекций

По данным Н. Чанг, более 50% заражений томата представлены комплексами нескольких вирусов: двух (обычно TMV+CMV, TMV+PVX, ToMV+PVX, ToMV+PVY); 3-х

Таблица 2. Распространенность вирусов, поражающих томат в Российской Федерации [18, 21]

Патоген	Код	Частота распространения, %	
		Живаева [21]	Чанг [18]
Вирус аспермии томата	TAV	<1,5	3,9
Вирус бронзовости томата	TSWV	4,0	4,9
Вирус гравировки табака	TEV	0	-
Вирус желтой курчавости листьев томата	TYLCV	0	0
Вирус кустистой карликовости томата	TBSV	<1,5	-
Вирус мозаики резухи	ArMV	2,9	0
Вирус мозаики пепино	PerMV	2,4	<2,5
Вирус мозаики томата (ToMV),	ToMV	20,9	70,0
Вирус огуречной мозаики (CMV),	CMV	8,9	31,4
Вирус табачной мозаики	TMV	21,2	19,0
Вирус хлороза томата	ToCV	0	<2,5
Вирус черной кольцевой пятнистости томата	TBRV	<1,5	0
Вирус штриховатости табака	TSV	3,9	<2,5
У вирус картофеля	PVY	5,1	18,4
Х вирус картофеля	PVX	10,8	25,9
М вирус картофеля	PVM	-	<2,5
Вирус мозаики люцерны	AMV	-	4,0
Вирус некроза табака	TNV	-	<2,5
Вирус некроза томата	TNEV	-	<2,5
Вирус кольцевой пятнистости томата	ToSRV	-	0
Вирус кольцевой пятнистости табака	TRSV	-	0

* «-» нет данных

(ToMV+CMV+TAV; ToMV+CMV+PVX), или четырех (ToMV+CMV+TAV+PVX) возбудителей [18]. При этом симптомы, как правило, изменяются – развиваются более суровые (тяжелые) признаки. В случаях поражения растений TMV+PVX – мозаика, морщинистость, некрозы, скручивание листьев, стрик стебля и плодов, при смешанной инфекции TVM+PVY – некрозы, деформация листьев, штрихова-

тость стебля и деформация плодов (рис. 2).

Сильная некротизация листьев наблюдается при совместном заражении растений томата вирусами PerMV + торрадо (ToTV) [19], ToTV + CMV [20].

Наиболее распространенные в РФ вирусы, поражающие томат

Обследования посадок томата в защищенном грунте, выполнен-

ные инструментальными методами в последнее десятилетие (2010–2019) показывают, что в хозяйствах РФ распространен достаточно широкий спектр вирусов. При этом основным компонентом структуры видового состава возбудителей остаются тобамовирусы. Серологическое тестирование образцов растений томата, включая и бессимптомные образцы, свидетельствует о высокой частоте встречаемости вирусов в условиях защищенного грунта. В работе Т.С. Живаевой растения томата тестировали на наличие 15 вирусов (табл. 2) [21]. Установлено, что наиболее широко распространены вирусы TMV и ToMV, которые были выявлены соответственно в 21,2% и 20,9% протестированных растений. Реже встречались PVX, CMV, PVY, TSWV, TSV, ArMV и PerMV (от 2,4 до 10,8%). Остальные вирусы встречались значительно реже.

В работе Чанг, при анализе томата на наличие 15 вирусов (список частично не совпадает с предыдущим исследованием), было выявлено больше тобамовирусов – вирус мозаики томата встречался в 70% образцов, в вирус мозаики табака – в 19,7% [18]. К числу доминирующих вирусов были также отнесены вирусы Х и У картофеля (соответственно в 25,9% и 18,4% образцов). Высокая встречаемость (31,4%) отмечена для вируса обыкновенной мозаики огурца (CMV). Более 50% зараженных образцов были представлены комплексами 2–4 вирусов.

При сравнении с обследованиями, выполненными за рубежом примерно в те же годы, очевидны определенные закономерности в распределении вирусов томата в РФ. Так, в Сербии, при анализе образцов на наличие 12 вирусов в начале 2010-х, было показано доминирование CMV, PVY, AMV и TSWV (бронзовость) – 42,1, 40,0, 11,0, и 8,6% соответственно. А тобамовирусы были обнаружены только на 2,3% (ToMV) и 1,3% (TMV) обследованных растений [22]. Вероятно, это связано как с большей распространенностью насекомых-переносчиков, так и со значительным резервом данных вирусов в окружающих посадки томата ландшафтах.

Если к известным патогенам есть отработанные методы диагностики зараженности растений, семян, воды, и, в некоторых случаях, – препараты биологической защиты или устойчивые сорта и гибриды, то новые возбудители болезней тепличных растений всегда представля-



Рис. 1. Лист растения томата, пораженный вирусом огуречной мозаики. Фотография предоставлена А.К. Ахатовым. Публикуется с разрешения автора.



Рис. 2. Плод и лист растения томата пораженного вирусом мозаики томата и Y вирусом картофеля. Фото А.Н. Игнатова

ют опасность наивысшего уровня, в первую очередь, из-за длительного периода их идентификации.

Новые опасные вирусные болезни в теплицах

Среди вирусов с максимальным потенциальным риском – бегомовирус желтой курчавости листьев томата (Tomato yellow leaf curl begomovirus – TYLCV) (рис. 3). Главное растение-хо-

зяин вируса – томат и другие пасленовые, но он также поражает растения семейств тыквенные и бобовые. Вирус переносится табачной (хлопковой) белокрылкой (*Bemisia tabaci*) с персистентным типом передачи. Этот переносчик отмечен в Крыму и на Черноморском побережье РФ. Растения томата, заразившиеся в молодом возрасте, останавливаются

в росте и не образуют плодов. Последующие листья хлоротичные, с деформированными пластинками, закрученными вверх краями и искривлениями между жилками [23].

Проблемы, вызываемые бегомовирусами, в том числе TYLCV и его многочисленными локальными вариантами, связаны в первую очередь с распространением биотипа В табачной белокрылки *B. tabaci*. Этот биотип способен размножаться на широком круге растений и служит своеобразным «аккумулятором» вирусов – известно, что он может переносить около 100 различных видов. Более того, известен факт, что ряд вирусов с персистентной передачей (например, вирус скручиваемости листьев картофеля PLRV) обеспечивает более эффективную и длительную передачу других вирусов томата.



Рис. 3. Растение томата, пораженное вирусом желтой курчавости листьев. Фото Д. Феррин (Don Ferrin, Louisiana State University Agricultural Center). Публикуется с разрешения www.bugwood.org

Вирус коричневой (бронзовой) морщинистости плода (Tomato Brown Rugose Fruit Virus – ToBRFV, род Tobamovirus) был обнаружен в 2015 году в Иордании, но годом раньше заболевание было отмечено в Израиле. Вирус вызывает мозаичный рисунок на листьях, а также нарушение окраски и деформацию плодов. Гены устойчивости против других тобамовирусов неэффективны против ToBRFV. Он может передаваться с зараженными семенами, растениями и плодами, поливной водой, и при простом соприкосновении больных и здоровых растений. Устойчивость ToBRFV к неблагоприятным факторам такая же высокая как у вирусов табачной и томатной мозаики [7, 8]. Новый вирус представляет значительный риск для всей томатной отрасли РФ.

Многие пасленовые культуры (перец, табак, декоративные растения) заражаются этими вирусами без симптомов и служат постоянным источником инфекции для восприимчивых томатов.

Выводы

Наиболее вредоносные для производства томата в защищенном грунте вирусы наносят ущерб во всем мире – потери урожая от бегомовирусов, например, достигали 60% от среднегодового производства томата [6, 25]. Ряд бегомовирусов, ринивирусы TICV, ToCV, новый патоген ToBRFV уже включены в списки карантинных объектов в ряде стран и зараженные семена и растения должны быть остановлены на границе, а при обнаружении внутри страны – уничтожены. Другие, например, PerMV, не допускаются в семенном материале [24].

Гены устойчивости к бегомовирусам (Tu-гены) известны в ряде дикорастущих пасленовых, и были уже переданы в коммерческие сорта томата [26]. Но, к большинству новых вирусов источники надежной устойчивости еще не найдены, или селекция линий и сортов, приемлемых для производства, еще не завершена. Поэтому основное внимание должно быть уделено профилактике вирусных болезней и борьбе с их переносчиками [25]. Ключевой фактор в разработке мер борьбы с вирусами томата в защищенном грунте – своевременная и точная диагностика новых видов вирусов и информирование о возможных рисках как производителей овощей в защищенном грунте, так и специалистов по защите растений.

Библиографический список

1. Food and Agricultural Organization, United Nations [Электронный ресурс] URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>. Дата обращения: 15.04.2020.
2. Brunt A.A. et al. Descriptions and Lists from the VIDE Database [Электронный ресурс] URL: <http://image.fs.uidaho.edu/viderefs.htm>. Дата обращения: 20.08.1996.
3. Ассоциация «Теплицы России»: предварительные итоги 2019 года [Электронный ресурс] URL: <http://rusteplica.ru/predvaritelnye-itogi-goda/>. Дата обращения: 15.04.2020.
4. Гришечкина Л.Д. Проблемы защиты овощных культур от болезней в теплицах // Защита и карантин растений. 2011. № 2. С. 16–18.
5. Ахатов А.К., Ахатов Е.А. Наиболее вредоносные болезни овощных культур в современных тепличных комбинатах // Гавриш. 2014. №3. С. 16–23.
6. Hadidi A., Khetarpal R.K., Koganezawa H. Plant virus disease control. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1998. 684 p.
7. EPPO Global Database [Электронный ресурс] URL: <https://gd.eppo.int/datasheets/>. Дата обращения: 15.04.2020.
8. Zerbini F.M. et al. ICTV Report Consortium (February 2017). ICTV Virus Taxonomy Profile: Geminiviridae // The Journal of General Virology. 2017. Vol. 98 (2). Pp. 131–133.
9. Gray, Banerjee N. Mechanisms of Arthropod Transmission of Plant and Animal Viruses // Microbiol Mol Biol Rev. 1999. Vol. 63 (1). Pp. 128–148.
10. Krupovic M., Ravantti J.J., Bamford D.H. Geminiviruses: a tale of a plasmid becoming a virus // BMC Evol Biol. 2009. Vol.9 (112). doi:10.1186/1471-2148-9-112.
11. Discovery of ancient recombination between geminiviral DNA and the nuclear genome of *Nicotiana* sp. / E.R. Bejarano, A.M. Khashoggi, M. Witty, C.P. Lichtenstein // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1994. Vol. 93. Pp. 759–764.
12. International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) [Электронный ресурс] URL: <https://talk.ictvonline.org/>. Дата обращения: 15.04.2020.
13. Co-divergence and host-switching in the evolution of tobamoviruses / A.H. Stobbe, U. Melcher, M.W. Palmer, M.J. Roossinck, G. Shen // The Journal of General Virology. 2012. Vol. 93. Pt. 2. Pp. 408–418.
14. Bujarski J. et al. ICTV Report, Consortium (August 2019). ICTV Virus Taxonomy Profile: Bromoviridae // The Journal of General Virology. 2019. Vol. 100 (8). Pp. 1206–1207.
15. Nepovirus [Электронный ресурс] URL: <http://www.dpwweb.net/notes/showgenus.php?genus=Nepovirus>. Дата обращения: 15.04.2020.
16. Неповирусы (Picornavirales, Secoviridae, Nepovirus) на юге Дальнего Востока: результаты многолетнего мониторинга / Н.Н. Какарека, З.Н. Козловская, Ю.Г. Волков, Т.И. Плешакова, М.В. Сапоцкий, М.Ю. Щелканов // Юг России: экология, развитие. 2017. №4. С. 105–119.
17. Wintermantel W.M., Wisler G.C. Vector specificity, host range and genetic diversity of Tomato chlorosis virus // Plant Dis. 2006. Vol. 90. Pp. 814–819.
18. Чанг Ха Тхи Куинь. Распространение и патогенез вирусных заболеваний томата в условиях Вьетнама и России: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2013. 20 с.
19. Verbeek M. et al. Identification and characterisation of Tomato torrado virus, a new plant picorna-like virus from tomato // Arch. Virol. 2007. Vol.152. Pp. 881–890.
20. First report of Tomato torrado virus infecting tomato in single and mixed infections with Cucumber mosaic virus in Panama / J.A. Herrera-Vasquez, A. Alfaro-Fernández, M.C. Córdoba-Selles, M.C. Cebrian, M.I. Font, C. Jordá // Plant Dis. 2009. Vol. 93. P. 198.
21. Живаева Т.С. Видовой состав вирусов огурца и томата в Европейской части Российской Федерации // Материалы 4-го съезда по защите растений. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2019. С. 76
22. Nikolić D. et al. Viruses affecting tomato crops in Serbia // European Journal of Plant Pathology 2018. Vol. 152. Pp. 225–235.
23. Lemmetty A., Laamanen J., Soukainen M. Emerging virus and

- viroid pathogen species identified for the first time in horticultural plants in Finland in 1997–2010 // Agricultural and Food Science. 2011. Vol. 20. Pp. 29–41.
24. Commission Decision 2001/536/EC, 2004/200/EC [Электронный ресурс] URL: <https://eur-lex.europa.eu/>. Дата обращения: 15.04.2020.
25. Ахатов А.К. и др. Болезни и вредители овощных культур и картофеля. М.: КМК, 2013. 463 с.
26. Pyramiding of genes conferring resistance to Tomato yellow leaf curl virus from different wild tomato species / F. Vidavski, H. Czosnek, S. Gazit, D. Levy, M. Lapidot // Plant Breed. 2008. Vol. 127. Pp. 625–631.

References

1. Food and Agricultural Organization, United Nations [Web resource] URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>. Date of access: 15.04.2020.
2. Brunt A.A. et al. Descriptions and Lists from the VIDE Database [Web resource] URL: <http://image.fs.uidaho.edu/viderefs.htm>. Date of access: 20.08.1996.
3. Association Greenhouses of Russia: preliminary results of 2019 [Web resource] URL: <http://rusteplica.ru/predvaritelnye-itogi-goda/>. Date of access: 15.04.2020 (In Russ.).
4. Grishchikina L.D. Problems of protection of vegetable crops from diseases in greenhouses. Protection and quarantine of plants. 2011. № 2. Pp. 16–18 (In Russ.).
5. Ahatov A.K., Ahatov E.A. The Most harmful diseases of vegetable crops in modern greenhouses. Gavriish. 2014. №3. Pp. 16–23 (In Russ.).
6. Hadidi A., Khetarpal R.K., Koganezawa H. Plant virus disease control. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1998. 684 p.
7. EPPO Global Database [Web resource] URL: <https://gd.eppo.int/datasheets/>. Date of access: 15.04.2020.
8. Zerbini F.M. et al. ICTV Report Consortium (February 2017). ICTV Virus Taxonomy Profile: Geminiviridae. The Journal of General Virology. 2017. Vol. 98 (2). Pp. 131–133.
9. Gray, Banerjee N. Mechanisms of Arthropod Transmission of Plant and Animal Viruses. Microbiol Mol Biol Rev. 1999. Vol. 63 (1). Pp. 128–148.
10. Krupovic M., Ravantti J.J., Bamford D.H. Geminiviruses: a tale of a plasmid becoming a virus. BMC Evol Biol. 2009. Vol. 9 (112). doi:10.1186/1471-2148-9-112.
11. Discovery of ancient recombination between geminiviral DNA and the nuclear genome of *Nicotiana* sp. / E.R. Bejarano, A.M. Khashoggi, M. Witty, C.P. Lichtenstein. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1994. Vol. 93. Pp. 759–764.
12. International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) [Web resource] URL: <https://talk.ictvonline.org/>. Date of access: 15.04.2020.
13. Co-divergence and host-switching in the evolution of tobamoviruses / A.H. Stobbe, U. Melcher, M.W. Palmer, M.J. Roossinck, G. Shen. The Journal of General Virology. 2012. Vol. 93. Pt. 2. Pp. 408–418.
14. Bujarski J. et al. ICTV Report, Consortium (August 2019). ICTV Virus Taxonomy Profile: Bromoviridae. The Journal of General Virology. 2019. Vol. 100 (8). Pp. 1206–1207.
15. Notes on Genus: Nepovirus [Web resource] URL: <http://www.dpwweb.net/notes/showgenus.php?genus=Nepovirus>. Date of access: 15.04.2020.
16. Nepoviruses (Picornavirales, Secoviridae, Nepovirus) in the South of the Far East: results of long-term monitoring / N.N. Kakareka, Z.N. Kozlovskaja, Ju.G. Volkov, T.I. Pleshakova, M.V. Sapockij, M.Ju. Sapockij. South of Russia: ecology, development. 2017. №4. Pp. 105–119 (In Russ.).
17. Wintermantel W.M., Wisler G.C. Vector specificity, host range and genetic diversity of Tomato chlorosis virus. Plant Dis. 2006. Vol. 90. Pp. 814–819.
18. Chang Ha Thi Kuin'. Distribution and pathogenesis of tomato virus diseases in Vietnam and Russia: abstract. ... Cand. Sci. (Biol.). Moscow, 2013. 20 p. (In Russ.).
19. Verbeek M. et al. Identification and characterisation of Tomato

torrado virus, a new plant picorna-like virus from tomato. Arch. Virol. 2007. Vol. 152. Pp. 881–890.

20. First report of Tomato torrado virus infecting tomato in single and mixed infections with Cucumber mosaic virus in Panama / J.A. Herrera-Vasquez, A. Alfaro-Fernández, M.C. Córdoba-Selles, M.C. Cebrian, M.I. Font, C. Jordá. Plant Dis. 2009. Vol. 93. Pp. 198.

21. Zhivaeva T.S. Species composition of cucumber and tomato viruses in the European part of the Russian Federation. Materials of the 4th Congress on plant protection. Saint Petersburg: ARRIP, 2019. P. 76 (In Russ.).

22. Nikolić D. et al. Viruses affecting tomato crops in Serbia. European Journal of Plant Pathology 2018. Vol. 152. Pp. 225–235.

23. Lemmetty A., Laamanen J., Soukainen M. Emerging virus and

viroid pathogen species identified for the first time in horticultural plants in Finland in 1997–2010. Agricultural and Food Science. 2011. Vol. 20. Pp. 29–41.

24. Commission Decision 2001/536/EC, 2004/200/EC [Web resource] URL: <https://eur-lex.europa.eu/>. Date of access: 15.04.2020.

25. Ahatov A.K. et al. Diseases and pests of vegetable crops and potatoes. Moscow: KMK, 2013. 463 p. (In Russ.).

26. Pyramiding of genes conferring resistance to Tomato yellow leaf curl virus from different wild tomato species / F. Vidavski, H. Czosnek, S. Gazit, D. Levy, M. Lapidot. Plant Breed. 2008. Vol. 127. Pp. 625–631.

Об авторах

Игнатов Александр Николаевич (ответственный за переписку), доктор биол. наук, зам. ген. директора по научной работе, ООО ИЦ «ФитоИнженерия», профессор, агробиотехнологический департамент, Аграрно-технологический институт, Российский Университет Дружбы народов. E-mail: an.ignatov@gmail.com

Гриценко Вячеслав Владимирович, профессор кафедры защиты растений, доктор биол. наук, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: vaceslavgricenkol@gmail.com

Джалилов Февзи Сеид-Умерович, доктор биол. наук, профессор, заведующий кафедрой защиты растений, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: labzara@mail.ru

Author details

Ignatov A.N. (author for correspondence), D. Sci. (Biol.), Deputy General Director for scientific work Research Centre «PhytoEngineering», professor of agrobiotechnological, Department Russian University of People's Friendship. E-mail: an.ignatov@gmail.com

Gritsenko V.V., D. Sci. (Biol.), professor, Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy by K.A. Timiryazev. E-mail: vaceslavgricenkol@gmail.com

Dzhalilov F. S-U. D. Sci. (Biol.), professor, head of Department of plant protection, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy by K. A. Timiryazev. E-mail: labzara@mail.ru

Коричнево-мраморный клоп – новая угроза овощеводству на юге России

The brown marmorated stink bug is a new threat to vegetable production in the South of Russia

Митюшев И.М.

Аннотация

Представлена информация о происхождении и географическом распространении коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). Приведены данные об инвазивном ареале и вредности коричнево-мраморного клопа на юге России. Дано описание морфологических и биологических особенностей вредителя. Описаны методы мониторинга и борьбы с вредителем. Коричнево-мраморный клоп – опасный инвазивный вредитель, происходящий из восточной Азии. Он повреждает значительное количество экономически значимых растений, включая различные овощные и плодовые культуры, а также лесные и декоративные растения. В Европе вредитель впервые был выявлен в 2004 году в Швейцарии и Лихтенштейне; к 2020 году он распространился в 26 странах континента. На территории Евразийского экономического союза впервые зарегистрирован в России в 2014 году, на территории города Сочи; в 2017 году впервые обнаружен в Казахстане. Сегодня происходит формирование инвазивного ареала вредителя на юге России: он распространился в Краснодарском крае и в республике Крым. Коричнево-мраморный клоп способен питаться на более чем 300 видах растений из 49 семейств, включая различные плодовые, овощные, декоративные и лесные растения. Из овощных культур наиболее сильно повреждает томаты, перец, баклажан, огурец, фасоль, горох и кукурузу, из плодовых культур – яблоню, грушу, персик, черешню, цитрусовые, лещину, хурму и виноград. Уже в 2016–2017 годах *H. halys* нанес серьезный вред овощным и плодовым культурам в Краснодарском крае. Выявление очагов коричнево-мраморного клопа осуществляют методами визуального и феромонного мониторинга. Феромонный мониторинг позволяет выявлять вредителей даже при низкой численности, его осуществляют при помощи феромонных ловушек, которые размещают с мая по сентябрь. В «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» включено три инсектицида против этого вредителя, но препараты, разрешенные для защиты от него пасленовых и бобовых культур, сегодня в нем отсутствуют.

Ключевые слова: *Halyomorpha halys*, коричнево-мраморный клоп, Hemiptera, инвазивные вредители, вредители овощных культур, карантин растений, защита растений, юг России.

Для цитирования: Митюшев И.М. Коричнево-мраморный клоп – новая угроза овощеводству на юге России // Картофель и овощи. 2020. №5. С. 20–24. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.11.69.004>

Генеральная ассамблея ООН провозгласила 2020 год Международным годом охраны здоровья растений, который проходит под девизом: «Защитим растения – сохраним жизнь». Цель проведения этого Международного года ООН – повышение уровня информированности мировой общественности о проблематике в сфере каранти-

на и защиты растений. Новые фитосанитарные риски связаны с инвазивными вредными организмами, которые распространяются между странами и континентами благодаря интенсификации международной торговли и путешествий: в условиях глобального изменения климата их ареал быстро расширяется, а вредоносность увеличивается. Один из

таких вредных организмов – коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae), который в течение последних 20 лет распространился и акклиматизировался на разных континентах (рис. 1), при этом его распространение происходило с растительными грузами, контейнерами, транспортными средствами и в багаже путешествен-

Mityushev I.M.

Abstract

The article provides information on origin and world distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). The data on the invasive range and harmfulness of the pest in the South of Russia is presented. The description of morphological and biological features of the pest is given. The pest monitoring and control measures are described. The brown marmorated stink bug is a dangerous invasive pest of East Asia origin. It damages a number of economically important plants, including various vegetable and fruit crops, as well as forestry and ornamentals. In Europe, this pest has been recorded for the first time in 2004, in Switzerland and Liechtenstein; as of 2020, it has been introduced to 26 countries of the continent. In the Eurasian Economic Union, the pest has been recorded for the first time in Russia in 2014, in the territory of Sochi; in 2017 it has been recorded for the first time in Kazakhstan. The invasive range of the pest is currently being formed in the South of Russia. The pest has spread to the Krasnodar Krai and the Republic of Crimea. The brown marmorated stink bug feeds on more than 300 plant species from 49 families. The most severely damaged vegetable crops are tomatoes, peppers, aubergine, cucumber, beans, peas and corn; among the fruit crops, the highest damage occurs in apples, pears, peaches, cherries, citrus fruit crops, hazel, persimmons, and grapes. As early as in 2016–2017, the brown marmorated stink bug caused serious damage to vegetable and fruit crops in the Krasnodar Krai. Detection of outbreaks of the brown marmorated stink bug is carried out by both visual and pheromone monitoring. Pheromone monitoring allows identifying pests even at low population densities; it is carried out using pheromone traps, which are placed on the edges of fields from May to September. The «State catalogue of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation» includes 3 insecticides recommended for use against this pest, but so far there are no preparations permitted for protection of solanaceous and legume crops.

Key words: *Halyomorpha halys*, brown marmorated stink bug, Hemiptera, invasive pests, pests of vegetables, plant quarantine, plant protection, Southern Russia.

For citing: Mityushev I.M. The brown marmorated stink bug is a new threat to vegetable production in the South of Russia. Potato and vegetables. 2020. No5. Pp. 20–24. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.11.69.004> (In Russ.).

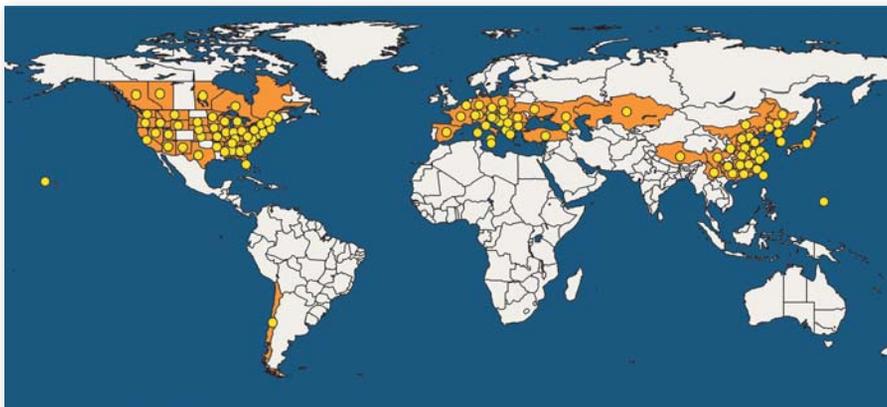


Рис. 1. Географическое распространение коричнево-мраморного клопа [4]

ников. В России этот вредитель был впервые выявлен в 2014 году [1], сегодня он представляет угрозу растениеводству на юге страны [2].

Коричнево-мраморный клоп – аборигенный вид восточноазиатского региона: его естественный ареал включает территорию Китая (кроме Синьцзян-Уйгурского автономного района и провинции Цинхай), Мьянмы, Вьетнама, Северной и Южной Кореи, Японии (кроме о. Хоккайдо), Тайваня [3]. С грузами из Китая клоп был впервые завезен в США в середине девятых годов XX века, где стал серьезным вредителем широкого круга культурных растений; сегодня он отмечен здесь в 46 штатах [4]. *H. halys* также зарегистрирован в Канаде (провинции Альберта, Британская Колумбия, Квебек, Манитоба, Онтарио). В 2017 году *H. halys* был обнаружен в Чили. На европейском континенте *H. halys* впервые был выявлен в 2004 году в Швейцарии и Лихтенштейне. К 2020 году вредитель отмечен в Германии, Греции (первое обнаружение в 2011 году), Италии, Франции (2012 год), Венгрии (2013 год), России, Румынии (2014 год), Абхазии, Австрии, Сербии (2015 год), Болгарии, Грузии, Испании, Казахстане, Словакии (2016 год), Словении, Турции, Хорватии (2017 год), Албании, Боснии и Герцеговине, Мальте, Польше, Украине, Чехии (2018 год) [4].

Цель исследования – провести анализ данных о распространении и вредоносности коричнево-мраморного клопа на юге России, систематизировать основные методы мониторинга и защиты овощных культур от вредителя.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2014–2019 годах, в условиях Черноморского побережья и Приазовья Краснодарского края. Имаго, личинок и яйцекладки клопа на кормовых растениях выявляли визуальным методом, фотографический материал был получен в 2016 и 2019 годах, с использованием цифровой камеры Fujifilm X-A2. Были проанализированы новейшие отечественные и зарубежные литературные источники, посвященные распространению и вредоносности *H. halys* в Европе и на юге России, включая собственные работы автора. При составлении таблицы с описанием личинок *H. halys* разных возрастов, помимо литературных источников, был проанализирован материал, собранный автором.

Результаты исследований

Коричнево-мраморный клоп включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (действует на



Рис. 2. Имаго *H. halys* на плоде томата (фото И.М. Митюшева)

территории Армении, Белоруссии, Казахстана, Киргизии и России), как вредитель, отсутствующий на территории ЕАЭС [5]. Вместе с тем, в России коричнево-мраморный клоп был впервые выявлен в 2014 году на территории Сочи [1]. Сегодня происходит формирование инвазивного ареала вредителя на юге России: он распространился в Краснодарском крае и в республике Крым [2, 6, 7]. Предполагают, что в 2013–2014 годах вредитель был завезен в Сочи с посадочным материалом декоративных растений из Италии или Греции [8].

Коричнево-мраморный клоп способен питаться на более чем 300 видах растений из 49 семейств, включая различные плодовые, овощные, декоративные и лесные растения [2, 4, 8, 9, 10]. Из овощных культур наиболее сильно повреждает томаты, перец, баклажан, огурец, фасоль, горох, и кукурузу, из плодовых – яблони, грушу, персик, черешню, цитрусовые, лещину, хурму и виноград. Уже в 2016–2017 годах *H. halys* нанес серьезный вред овощным и плодовым культурам в Краснодарском крае [2, 8]. Имаго и нимфы *H. halys* питаются на листьях и плодах, вызывая образование некротических пятен и опробковение поврежденных участков, а также вдавлений и деформаций плодов томата, перца, баклажана, огурца, бобовых культур; початки кукурузы сильно деформируются, на них образуются шуплые семена [2, 10]. При высокой численности вредителя, менее 10% плодов бобовых остаются неповрежденными к уборке, при этом в каждом из бобов повреждено минимум одно семя [10]. Урожайность и качество плодов снижаются, они усыхают, загнивают или опадают. Декоративные и лесные растения также служат кормовой базой для вредителя, в новых местах обитания на них происходит нарастание численности *H. halys*, в дальнейшем возможна миграция клопов в агроценозы. В местах массового размножения *H. halys* также имеет статус досаждающего вредителя: имаго в больших количествах мигрируют на зимовку в различные постройки и жилища, вызывая у людей беспокойство.

Тело имаго *H. halys* широкоовальной формы, слегка уплощенное, 12–17 мм в длину, голова имеет прямоугольную форму [9]. Общая окраска тела насекомого сверху – различные оттенки коричневого; голова, переднеспинка и щиток имеют более



Рис. 3. Яйцекладка и отродившиеся личинки I возраста *H. halys* (фото И.М. Митюшева)



Рис. 4. Личинка *H. halys* IV возраста (фото И.М. Митюшева)



Рис. 5. Личинка *H. halys* V возраста (фото И.М. Митюшева)

светлые вкрапления и крупную черную пунктировку, что визуальнo создает мраморный рисунок (рис. 2). Надкрылья имеют красноватый оттенок, также с крупной пунктировкой. Нижняя сторона тела – бледно-желтая, иногда с серыми или черными крапинками. По краю брюшка имеются чередующиеся черные и белые треугольные пятна. Основание и вершина IV и основание V члеников антенны белые. Ноги бледно-желтые, с многочисленными мелкими темными точками, вершина бедра, основание и вершина голени коричневые.

Яйца эллиптической формы, белые, длиной 1,6 мм, диаметром 1,3 мм, на верхней стороне яйца заметен черный Т-образный эмбриональный зубец. Яйцекладка состоит из 20–30 яиц, находится на нижней стороне листьев кормовых растений (рис. 3). Личинка проходит пять возрастов, при этом личинки разных возрастов отличаются по внешнему виду (рис. 3, 4, 5); их основные признаки приведены в таблице.

Скорость развития *H. halys* зависит от температуры воздуха, нижний порог развития составляет 13,4 °С

[11], оптимум – в диапазоне 20–30 °С [12]. Развитие одного поколения *H. halys* при 20 °С продолжается 76,7 дней, при 30 °С – 33,6 дней [12]. В условиях Китая развивается 1–2 поколения *H. halys* за год, в зависимости от климатических условий. Потенциальный инвазивный ареал в Европе, где *H. halys* будет иметь высокую вредоносность, расположен между 40-й и 50-й параллелями с.ш. [13], в России эта зона включает большую часть Южного и Северо-Кавказского федеральных округов [2]. В районе г. Сочи

Отличительные признаки личинок *H. halys* разных возрастов [1, 2, 9]

Морфологические особенности	Возраст личинок	Длина тела, мм	Наличие шипов по краю тела	Наличие зачатков крыльев
Тело эллиптическое, выпуклое. Голова треугольная, с округлыми краями. Голова, грудь, ноги – черные, брюшко – оранжево-красное, с черными вытянутыми пятнами в центре и по краям брюшных сегментов, глаза темно-красные, антенны красно-черные	I (рис. 3)	2,4 мм	Нет	Нет
Тело яйцевидное, слегка уплощенное. Голова прямоугольная, с короткими шипами перед глазами. Голова, грудь, ноги – черные, брюшко – беловатое, с мелкими красноватыми пятнами и полосами на границах брюшных сегментов, с крупными черными вытянутыми пятнами в центре и по краям брюшных тергитов; глаза красно-коричневые. Антенны красно-черные, вершина III членика антенны – белая	II	3,7 мм	Имеются шипы по краю передне-, средне- и заднегруды, I и II сегментов брюшка	Нет
Тело грушевидное, уплощенное. Форма и окраска головы, окраска глаз, груди как у личинок II возраста. Окраска брюшка более темная, чем во II возрасте. Ноги черные, середина голени белая	III	5,5 мм	Имеются шипы по краю передне-, средне- и заднегруды, I и II сегментов брюшка	Слабо выражены, не доходят до переднего края I брюшного сегмента
Тело грушевидное, уплощенное. Окраска более темная, чем в III возрасте, серовато-коричневая. Антенны красно-черные, основание IV и вершина III члеников антенны желто-белые. Ноги черные, середина голени желто-белая	IV (рис. 4)	8,5 мм	Имеются шипы по краю передне-, средне- и заднегруды, I и II сегментов брюшка	Хорошо заметны, заходят за середину I брюшного сегмента
Тело грушевидное, сильно уплощенное. Общая окраска серовато-коричневая, с более светлыми пятнами. На голове, груди и брюшке заметны бледно-оранжевые пятна. Ноги черно-коричневые, середина голени белая	V (рис. 5)	12 мм	Имеется по 4 шипа по краям переднегруды	Хорошо заметны, заходят за середину III брюшного сегмента



Рис. 6. Феромонная ловушка (фото И.М. Митюшева)

H. halys успешно перезимовывает и дает два поколения за сезон [2, 11]; на Черноморском побережье Краснодарского края и южном берегу Крыма для него отмечается высокая вредоносность. На остальной территории Краснодарского края и республики Крым, в Ставропольском крае, южных районах Ростовской и Астраханской областей и республики Калмыкия, а также регионах Северо-Кавказского федерального округа *H. halys* потенциально может перезимовывать и развиваться в 1–2 поколениях за сезон; в этой зоне прогнозируется средний уровень вредоносности. Севернее 50-й параллели с.ш., в условиях Курской, Воронежской, севера Волгоградской и юга Саратовской областей, возможна только неустойчивая акклиматизация вредителя [2].

Зимуют имаго *H. halys*, как правило, в массовых скоплениях, – под корой крупных пней или в трухлявых стволах, под опавшими лис-

тьями; в сельской и городской местности часто забираются в различные строения и жилища. Выход из диапаузы наблюдается в III декаде апреля – II декаде мая, в течение 1–2 недель; дополнительное питание происходит при температуре не ниже 17 °С, затем имаго спариваются. Самка откладывает яйца в течение 2–3 месяцев, по 15–40 яиц за раз, с интервалом 5–14 дней. Общая плодовитость самок – до 250–300 яиц. Эмбриональное развитие яиц длится 5–7 дней. В зависимости от температуры, в среднем одно поколение клопа развивается 40–60 дней.

Выявление очагов коричнево-мраморного клопа осуществляют методами визуального и феромонного мониторинга. Визуальный мониторинг проводят путем осмотра кормовых растений: на овощных культурах осматривают нижнюю сторону листьев, листовые розетки, бутоны, цветки, плоды; особое внимание уделяют краевым участкам полей, соседствующим с декоративными питомниками, плодовыми насаждениями и лесополосами. Феромонный мониторинг позволяет выявлять вредителей даже при низкой численности [14]. Его осуществляют при помощи бесклеевых феромонных ловушек, которые с мая по сентябрь размещают на краях полей овощных культур, на деревья, кустарники, столбы или шпалеры, на высоте 1,7 м над уровнем почвы (рис. 6). В качестве аттрактанта в этих ловушках используют синтетический аналог агрегационного феромона вредителя, который привлекает как личинок II–V возрастов, так и имаго обоих полов. В условиях Краснодарского края и Крыма, используют 1 ловушку на 1–4 га, а в регионах, где вредитель не отмечен – 1 ловушку на 100 га. При обнаружении очагов коричнево-мраморного клопа, проводят обработки инсектицидами.

Массовый отлов при помощи феромонных ловушек наиболее эффективен в августе и сентябре и наиболее приемлем для приусадебных участков [14]. В зонах массового распространения *H. halys*, размещают не менее 5 ловушек на площади до 1 га: ловушки размещают по пери-

метру участка, расстояние между ловушками – не менее 50 м. При увеличении площади участка, количество ловушек пропорционально увеличивают. На приусадебных участках ловушки следует размещать по краям, на столбах, шпалерах или на дикорастущих деревьях.

На небольших участках, при высокой численности клопа, возможен ручной сбор и уничтожение яйцекладок, личинок и имаго. Ручной сбор имаго клопа также целесообразен после ухода клопа на зимовку в хозяйственные постройки [2]. Для большей эффективности этого приема, в неотопляемых помещениях (склады, сараи, подвалы и т.п.) размещают коробки, заполненные гофрированным картоном или бумагой. После заселения их клопами (в октябре – ноябре), коробки сжигают.

Применение инсектицидов – наиболее эффективный способ борьбы с коричнево-мраморным клопом [2]. В «Государственный каталог пестицидов...» в настоящее время включено 3 препарата, рекомендованных против данного вредителя [15], из них только 1 препарат, Эсперо, КС (д.в. имидаклоприд + альфа-циперметрин), разрешен для защиты кукурузы (0,1–0,2 л/га), для наземного и авиационного опрыскивания [15]. Инсектициды, разрешенные для защиты пасленовых и бобовых культур от *H. halys*, в настоящее время в «Государственном каталоге пестицидов...» отсутствуют. Вместе с тем, ряд препаратов, разрешенных к применению на овощных культурах против других вредителей, показали высокую эффективность и против *H. halys*: Алиот, КЭ (д.в. малатион) – томат и капуста; Брейк, МЭ (д.в. лямбда-цигалотрин) – горошек овощной, томат, капуста; Клипер, КЭ (д.в. бифентрин) – томат и огурец, и др. [2].

Выводы

Коричнево-мраморный клоп – серьезный инвазивный вредитель широкого круга культурных растений, распространившийся из восточноазиатского региона в Европу, США, Среднюю и Малую Азию, Чили, Грузию, Россию. Методы контроля включают визуальный и феромонный мониторинг, отлов феромонными ловушками и ручной сбор, применение инсектицидов. На сегодняшний день в России для применения против этого вредителя разрешено три препарата, причем для защиты пасленовых и бобовых не разрешен ни один.

Библиографический список

1. Митюшев И.М. Первый случай обнаружения клопа *Halyomorpha halys* Stål на территории Российской Федерации // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18-22 апреля 2016 г. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 147–148.
2. Карпун Н.Н. и др. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål в России: распространение, биология, идентификация, меры борьбы. М., 2018. 28 с.
3. Wang H.J., Liu G.Q. Hemiptera: Scutelleridae, Tesseratomidae, Dinidoridae and Pentatomidae // Insect Fauna of Middle-West Qinling Range and South Mountains of Gansu Province: book (X.-K. Yang, Ed.). Sci. Press, 2005. Pp. 279–292.
4. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>. Дата обращения: 16.04.2020.
5. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза с изменениями и дополнениями от 8 августа 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://vniikr.ru/edinyij-perechen-karantinnyx-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza>. Дата обращения: 16.04.2020.
6. Карантинные фитосанитарные зоны. Южное межрегиональное управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору. [Электронный ресурс]. URL: <http://rsn.krasnodar.ru/novosti/novosti2/5352>. Дата обращения: 16.04.2020.
7. Стрюкова Н.М., Стрюков А.А. Первое обнаружение коричнево-мраморного клопа в Крыму // Устойчивое ноосферное развитие: сборник тезисов докладов научной межвузовской конференции, посвященной 156-летию со дня рождения В.И. Вернадского. Симферополь, 2019. С. 68–70.
8. Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Procenko V.Ye., Ayba L.Ya., Saulich A.Kh. Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. *Arthropod-Plant Interactions*. 2018. Vol. 12 (4). Pp. 517–529. DOI: 10.1007/s11829-017-9583-8.
9. Hoebeke E.R., Carter M.E. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America // *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 2003. 105 (1). Pp. 225–237.
10. Véték G., Korányi D. Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in Hungary // *Periodicum biologorum*. 2017. Vol. 119. No 2. Pp. 131–135. DOI: 10.18054/pb.v119i2.4935.
11. Musolin D.L., Dolgovskaya M.Yu., Protsenko V.Ye., Karpun N.N., Reznik S.Ya., Saulich A.Kh. Photoperiodic and temperature control of nymphal growth and adult diapause induction in the invasive Caucasian population of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* // *Journal of Pest Science*. 2019. Vol. 92. No2. Pp. 621–631.
12. Haye T., Abdallah S., Garipey T., Wyniger D. Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe // *Journal of Pest Science*. 2014. 87. Pp. 407–418.
13. Zhu G., Bu W., Gao Y., Liu G. Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*) // *PLoS ONE*. 2012. 7 (2): e31246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>.
14. Митюшев И.М. Феромоны насекомых и их применение в защите растений: Учебное пособие. М.: Издательство РГАУ–МСХА, 2015. 124 с.
15. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды. Издание официальное. М.: Минсельхоз России, 2020. 853 с. [Электронный ресурс]. <http://www.mcx.ru>. Дата обращения: 16.04.2020.

Об авторе

Митюшев Илья Михайлович, канд. биол. наук, доцент кафедры защиты растений, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: mityushev@mail.ru

References

1. Mityushev I.M. The first record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål, in the Russian Federation. *Monitoring and biological control methods of woody plant pests and pathogens: from theory to practice. Proceedings of International conference*. Moscow. April 18–22. 2016. Krasnoyarsk. SIF SB RASc. 2016. Pp. 147–148. (In Russ.).
2. Karpun N.N. et al. The Brown marmorated stink bug in Russia: distribution, biology, identification, control. Moscow, 2018. 28 p. (In Russ.).
3. Wang H.J., Liu G.Q. Hemiptera: Scutelleridae, Tesseratomidae, Dinidoridae and Pentatomidae. *Insect Fauna of Middle-West Qinling Range and South Mountains of Gansu Province: book* (X.-K. Yang, Ed.). Sci. Press, 2005. Pp. 279–292.
4. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. [Web resource]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>. Access date: 16.04.2020.
5. The Common List of plant quarantine pests of the Eurasian Economic Union with additions and changes d/d 08.08.2019. [Web resource]. URL: <https://vniikr.ru/edinyij-perechen-karantinnyx-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza>. Access date: 16.04.2020 (In Russ.).
6. Quarantine phytosanitary zones. Southern interregional authority of Federal service for veterinary and phytosanitary surveillance. [Web resource]. URL: <http://rsn.krasnodar.ru/novosti/novosti2/5352>. Access date: 16.04.2020 (In Russ.).
7. Stryukova N.M., Stryukov A.A. First record of the brown marmorated stink bug in Crimea. *Sustainable noosphere development: Proceeding of Scientific Interuniversity Conference*, Simferopol, 19.03.2019. Simferopol. 2019. Pp. 68–70. (In Russ.).
8. Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Procenko V.Ye., Ayba L.Ya., Saulich A.Kh. Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. *Arthropod-Plant Interactions*. 2018. Vol. 12 (4). Pp. 517–529. DOI: 10.1007/s11829-017-9583-8
9. Hoebeke E.R., Carter M.E. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 2003. 105(1). Pp. 225–237.
10. Véték G., Korányi D. Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in Hungary. *Periodicum biologorum*. 2017. Vol. 119. № 2. Pp. 131–135. DOI: 10.18054/pb.v119i2.4935.
11. Musolin D.L., Dolgovskaya M.Yu., Protsenko V.Ye., Karpun N.N., Reznik S.Ya., Saulich A.Kh. Photoperiodic and temperature control of nymphal growth and adult diapause induction in the invasive Caucasian population of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science*. 2019. Vol. 92. № 2. Pp. 621–631. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01080-1>
12. Haye T., Abdallah S., Garipey T., Wyniger D. Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. *Journal of Pest Science*. 2014. 87. Pp. 407–418.
13. Zhu G., Bu W., Gao Y., Liu G. Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS ONE*. 2012. 7 (2): e31246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>
14. Mityushev I.M. Insect pheromones and their application in plant protection: Textbook. Moscow: Publishing house of RSAU-MTAA, 2015. 124 p. (In Russ.).
15. State catalogue of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation. Part I. Pesticides. Official Edition. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation. 2020. 853 p. [Web resource]. URL: <http://www.mcx.ru>. Date of access: 16.04.2020 (In Russ.).

Author details

Mityushev I.M., Cand. Sci. (Biol.), associate professor, Department of Plant protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. E-mail: mityushev@mail.ru

Оценка штаммов гриба рода *Fusarium* на поражение растений огурца

Evaluation of *Fusarium* fungus strains on affection of cucumber plants

Чистякова Л.А., Соколова Л.М., Бакланова О.В., Егорова А.А.

Chistyakova L.A., Sokolova L.M., Baklanova O.V., Egorova A.A.

Аннотация

Abstract

Рассматриваемая в статье проблема поражения растений огурца (*Cucumis sativus* L.) корневой гнилью, которая возникает во всех типах культивационных сооружений, – основная и при селекции и семеноводстве этой культуры. Возделывание монокультуры приводит к увеличению и накоплению и увеличению инфекционной нагрузки грунта. Цель работы – поиск источников устойчивости и оценка селекционного и линейного материала огурца для создания гетерозисных гибридов с устойчивостью к фузариозному увяданию (корневой гнили). Исследования проведены во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО в двух культуuroборотах в условиях поликарбонатных необогреваемых грунтовых теплиц в течение 2017-2019 годов. Технология выращивания общепринятая в хозяйстве. Лабораторные исследования проведены в лаборатории иммунитета отдела селекции и семеноводства ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Исследования проведены на инцухт-линиях партенокарпического огурца, был апробирован экспресс-метод «Закладка семян огурца, в суспензию спор исследуемых патогенов с последующей высадкой семян в стерильные опилки». В результате микропирования получены три штамма чистой культуры гриба рода *Fusarium*, представлено их описание и методика выделения изолятов. В работе описано приготовление суспензии спор гриба для заражения, расчет количества спор, подготовка стерилизованных древесных опилок, процесс дезинфекции семян, указаны благоприятные условия для развития и распространения гриба рода *Fusarium*. Представлена шкала учета степени поражения корневой системы сеянцев огурца в фазу развития первого настоящего листа. Схема опыта предполагала пять вариантов, которая включала тестирование новых полученных штаммов грибов рода *Fusarium* выделенных с поражением корневой системы огурца в поликарбонатных необогреваемых грунтовых теплицах при мониторинге пораженности растений огурца корневой гнилью во втором культуuroбороте, в качестве стандарта был использован – штамм гриба *Fusarium oxysporum* идентифицированный при исследованиях сотрудниками ГНУ Всероссийского научно исследовательского института овощеводства А.В. Поляковым, А.А. Ткачевой, И.И. Тарасенковым и Н.К. Бирюковой; в качестве контроля – вода стерильная дистиллированная. Представлены результаты оценки пораженности проростков грибами р. *Fusarium* в сравнении со стандартом и контролем. Сделан вывод, что мониторинг пораженности растений огурца корневой гнилью в грунтовых теплицах, позволяет отслеживать развитие и распространение очагов болезни растений, идентифицировать и определить агрессивность возбудителя в конкретных производственных условиях, и как следствие, вовремя принимать меры для предотвращения эпифитотий. Установлено, что у стандарта, физиологическая раса гриба *Fusarium oxysporum* более агрессивна по сравнению с выделенными штаммами, так как она полностью преодолевает устойчивость данного генотипа. Определен контроль восприимчивости к *Fusarium oxysporum*.

The problem of affection of cucumber plants by root rot, which occurs in all types of cultivation facilities, considered in the article, is also fundamental in the selection and seed production of this crop. The cultivation of monoculture leads to accumulation and increase of infectious soil load. The purpose of the research work is to find sources of resistance and evaluate the breeding and line cucumber material for creating heterosis hybrids with resistance to *Fusarium wilt* (root rot). The research was carried out in ARRIVG - branch of FSBSI FSCVIG in two crop rotations in polycarbonate unheated ground greenhouses during 2017-2019. Cultivation technology is generally accepted in agriculture. Laboratory tests were conducted in the immunity laboratory of the Selection and Seed Production Department of ARRIVG – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of Federal Scientific Vegetable Center. The research was carried out on inbreeding lines of a parthenocarpic cucumber; the express method «Putting cucumber seeds into spore suspension of the studied pathogens with subsequent planting out in aseptified sawdust» was tested. As a result of micro-coping, three strains of pure culture of *Fusarium* fungus are obtained, their description and method of obtaining of isolates are presented. The research work describes the preparation of a suspension of fungal spores for inoculation, the calculation of the number of spores, the preparation of aseptified sawdust, the process of seed disinfection; the favorable conditions for the progression and spread of the *Fusarium* fungus are stated. The scale of accounting for the degree of damage of the root system of cucumber seedlings in the phase of development of the first real leaf is presented. The scheme of the experiment had five options and included testing of new *Fusarium* fungus strains obtained from the affected cucumber root system in polycarbonate unheated ground greenhouses with monitoring the affection of cucumber plants with root rot in the second crop rotation; a strain of *Fusarium oxysporum* fungus was used as a standard, it was identified during the research by the staff of the All-Russian Research Institute of Vegetable: A.V. Polyakov, A. A. Tkacheva, I. I. Tarasenkov and N. K. Birukova; as a control, sterile distilled water was used. The results of evaluation of affection of seedlings with *Fusarium* fungi in comparison with the standard and control are presented. It is concluded that monitoring of cucumber plants affected by root rot in ground greenhouses allows controlling the progress and spread of centers of infection, identifying and determining the pathogene aggressivity in specific production conditions, and as a result, taking timely measures to prevent epiphytotic. It is found that the standard has more aggressive physiological race of the fungus *Fusarium oxysporum* in comparison with obtained strains, since it completely overcomes the resistance of this genotype. The control of susceptibility to *Fusarium oxysporum* is determined.

Ключевые слова: огурец, семена, почва, защищенный грунт, корневая гниль, фузариум, устойчивость, поражение, температура.

Key words: cucumber, seeds, soil, greenhouse, root rot, fusarium, resistance, affection, temperature.

Для цитирования: Оценка штаммов гриба рода *Fusarium* на поражение растений огурца / Чистякова Л.А., Соколова Л.М., Бакланова О.В., Егорова А.А. // Картофель и овощи. 2020. №3. С. 32-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.76.39.005>

For citing: Evaluation of *Fusarium* fungus strains on affection of cucumber plants. Chistyakova L.A., Sokolova L.M., Baklanova O.V., Egorova A.A. Potato and vegetables. 2020. No3. Pp. 32-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.76.39.005> (In Russ.)

Возделывание культуры огурца без соблюдения севооборота ведет к увеличению инфекционной нагрузки грунта и тем самым приводит к гибели молодых и плодоносящих растений, выращиваемых во всех типах культурно-инженерных сооружений. Корневую гниль (фузариоз) вызывают возбудители: *Pythium debaryanum* Hesse, *P. ultimum*, *P. aphanidermatum* виды рода *Fusarium* (*F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc., *F. solani* App. et Wr., *F. gibbosum* App. et Wr., *F. oxysporum* Schlecht). Патоген сохраняется в почве (до 16 лет) и в семенах. Очень важный фактор, определяющий уровень потерь от фузариоза – время заражения растений (чем раньше произошло заражение, тем больший вред будет нанесен посадкам). На стадии рассады обычно симптомов заболевания нет. Первые симптомы появляются после высадки растений на постоянное место. Заболевание начинает проявляться в виде побурения корневой шейки и корней. На пораженных растениях листья нижних ярусов желтеют и подвядают в жаркие часы. Постепенно отмирают завязи и зеленцы. Со временем главный корень становится темно-коричневым, трухлявым, эпидермис и кора разрушаются. Больные растения постепенно увядают и засыхают. Основная причина возникновения корневой гнили огурца – неблагоприятные условия роста и развития растений огурца в сочетании с высоким инфекционным фоном. Потери от корневой гнили огурца возрастают под действием экстремальных для этой культуры значений температуры почвы (ниже 16 °С и выше 28 °С), особенно быстро заболевание проявляется в зимне-весенний период (при пониженной температуре воздуха и почвы), а также в летне-осеннем обороте (при высокой температуре почвы). Из-за высокой скорости размножения патогена заболевание быстро передается на соседние растения, что приводит к обширным эпифитотиям.

Заболевание распространено как в защищенном, так и в открытом грунте и проявляется в течение всей вегетации. Оно – комплексное и возникает в результате неблагоприятных условий выращивания, которые ослабляют растения и этим самым способствуют развитию паразитных почвенных патогенов. На пораженных почвах фузариозом сеянца заболева-

ние проявляется в побурении корневой шейки и корня, стебель утончается, семядольные и молодые листочки увядают, растение погибает. У более взрослых растений желтеют и увядают листья, на нижней части стебля и корне буреет кора, стебли размочаливаются, растение увядает и засыхает (рис. 1). При несоблюдении правильных условий выращивания огурцов гибель всходов достигает 60–80%, а снижение урожая до 23–38%. К защитным мероприятиям относятся: уборка и уничтожение растительных остатков; соблюдение севооборота (возврат тыквенных на прежнее поле через 4–5 лет); обеззараживание почвогрунтов; дезинфекция парников и теплиц; не допускать резких перепадов температуры воздуха, почвы и воды (температура воды не ниже 20 °С, температура почвы не ниже 20–22 °С); протравливание семян перед посевом; внедрение устойчивых сортов и гибридов [1].

Выведение устойчивых гибридов огурца, – актуальная задача современной селекции, так как возделывание монокультуры в с.-х. организациях и на приусадебных участках ведет интенсивному накоплению инфекции, а порой несвоевременные агротехнические приемы и погодные условия ухудшают ситуацию [2, 3, 4].

Цель исследований – выявление источников устойчивости и оценка селекционного и линейного материала огурца для создания гетерозисных гибридов с устойчивостью к фузариозному увяданию (корневой гнили).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- мониторинг пораженности растений огурца фузариозным увяданием в производственных условиях поликарбонатных неотапливаемых теплиц;
- идентификация и определение агрессивности возбудителей болезни, выделение изолятов и получение чистой культуры гриба рода *Fusarium*;
- оценить устойчивость к фузариозному увяданию растений огурца экспресс-методом.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале ФГБНУ ФНЦО (Московская область, Раменский район) в условиях поликарбонатных неотапливаемых теплиц и лаборатории иммунитета в течение 2017–2019 годов. Лабораторные и полевые исследования проводили руководствовались рекомендациями и методическими указаниями [5, 6, 7].

Объект исследований: устойчивость растений огурца к фузариозу.

Предмет исследований: растения и семена огурца; чистая культура гриба *Fusarium oxysporum* и штаммы гриба рода *Fusarium*.

Материалы исследований: линии огурца, чистая культура гриба *Fusarium oxysporum* St и выделенные с разных частей пораженного растения огурца три штамма гриба рода *Fusarium*. Использовали экспресс-



Рис. 1. Растения огурца, пораженные корневой гнилью в теплице



Рис. 2. Корень огурца пораженный корневой гнилью с мицелием гриба рода *Fusarium*: а. Пораженный корень растения огурца (*Cucumis sativus* L.); б. Мицелий гриба рода *Fusarium* с главного корня; в. Мицелий гриба рода *Fusarium* с боковых корешков; г. Мицелий гриба рода *Fusarium* с коревой шейки

метод «Закладка семян огурца, в суспензию спор исследуемых патогенов с последующей высадкой семян в стерильные опилки» [8, 9,10]. Суспензию спор готовили путем смыва мицелия с чашки Петри 20 мл дистиллированной стерильной водой с помощью шпателя Дригальского с последующим фильтрованием через четыре слоя стерильного марлевого полотна. Для подсчета конидий патогена использовали микроскоп (увеличение 40/0.65–160/0.17) и камеру Горяева. Количество спор в 1 см³ рассчитывали по формуле: $N/20 \times 10^6$, где N – количество конидий в поле зрения микроскопа в камере Горяева.

Древесные опилки промывали холодной проточной водой в сите через четыре слоя марлевого полотна на протяжении 30 минут, затем вместе с ситом погружали в емкость с водой при температуре 100 °С и выдерживали 1 часа, после чего раскладывали их на металлические поддоны

и просушили в сухожарочном шкафу при температуре 150 °С и экспозиции 1 час. Затем стерилизованные и остывшие древесные опилки проливали подготовленной суспензией спор гриба.

Дезинфекцию семян перед посевом проводили в 1% растворе марганцовки $KMnO_4$ в течение 30 минут с последующей промывкой стерильной водой. Простерилизованные семена проращивали в термостате при температуре 25–27 °С в чашках Петри. Затем проростки огурца выдерживали в суспензии гриба в течение часа и высаживали в подготовленные зараженные грибом опилки.

Для эффективности экспресс-метода создали условия, благоприятствующие развитию болезни – температура грунта 15–17 °С, влажность – 90–95% полной влагоемкости. Ящики или кассеты с проростками выдерживали в световой комнате при температуре 22–24 °С в течение 2–3 недель.

Степень развития болезни определяли в период образования первого настоящего листа по числу погибших (%). Степень поражения корневой системы семян в фазу развития первого настоящего листа учитывали по шкале в баллах: 0 – поражения корня нет; 1 – слабое побурение центрального корешка; 2 – побурение всего центрального корешка; 3 – центральный корень поражен полностью; сильное поражение боковых корней; 4 – сеянец увядает и погибает [9].

Опыт проводили в пяти вариантах: 1 вариант – штамм гриба рода *Fusarium*, выделенный с главного корня растения огурца; 2 вариант – штамм гриба рода *Fusarium*, выделенный с боковых корешков растения огурца; 3 вариант – штамм гриба рода *Fusarium*, выделенный с корневой шейки растения огурца; 4 вариант – стандарт, 5 вариант – контроль) в двух повторностях. В качестве стандарта использовала-

Характеристика штаммов гриба рода *Fusarium*

Показатель	Вариант			
	<i>Fusarium oxysporum</i> St	1 штамм	2 штамм	3 штамм
Размер колоний	10-12 мм	2-12 мм	2-5мм	2-10мм
Описание мицелия	Белый, пушистый, ватообразный, плотный	Бело-розоватый, пушистый, плотный	Бело-сероватый, пушистый, ватообразный, плотный	Бело-сероватый, пушистый
Край колоний	Неровный	Неровный	Ровный	Неровный
Поверхность колонии	Слегка складчатая	Слегка складчатая	Средне складчатая	Сильно складчатая
Профиль колонии	Плоский	Плоский	Плоский	Плоский
Структура колонии	Однородная	Однородная	Однородная	Неоднородная
Образование конидий	Обильное	Обильное	Обильное	Обильное
Реверс	Белый	Белый	Белый	Белый
Форма колонии	Серповидная	Серповидная	Овальная	Серповидная, овальная
Число перегородок у конидии	4-6	2-6	1-3	1-6



Рис. 3. Мицелий гриба рода *Fusarium* после микрокопирования штаммов: а. 1 штамм; б. 2 штамм; в. 3 штамм; г. стандарт – штамм *F. oxysporum*

ли штамм гриба *Fusarium oxysporum* идентифицированный при исследованиях сотрудниками ГНУ Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства А.В. Поляковым, А.А. Ткачевой, И.И. Тарасенковым и Н.К. Бирюковой, в качестве контроля – вода стерильная дистиллированная.

Результаты исследований

Для выделения изолятов и получения чистой культуры гриба *Fusarium oxysporum*, были отобраны корни с сильно пораженных растений огурца трех инцидент-линий Л 160 (6.95/1), Л 160 (5.96/1), Л 162–15а. С предварительно очищенной от почвенных частиц и простерилизованной от эпифитной микобиоты корневой системы растений огурца, на границе пораженной и здоровой ткани, стерильным скальпелем были отделены небольшие сегменты и разложены в чашки Петри со средой Чапека (рис. 2). Через 3–5 суток под световым микроскопом, при увеличении 16×40, обнаружили белый грибной налет, который в последующем пересеяли на агаризованную питательную среду Чапека. До получения чистой культуры гриба рода *Fusarium* эту операцию проводили несколько раз, так как при выделении грибных организмов наблюдали рост контаминирующих бактерий и мукоровых грибов, для подавления роста которых использовали питательную среду с добавлением

в концентрации 1 г/л питательной среды бактерицидного антибиотика из группы аминогликозидов «Gentamycinum» [10].

В результате проведенной работы после микрокопирования были получены три штамма чистой культуры гриба рода *Fusarium*. В таблице приведена характеристика выделенных штаммов: Первый штамм гриба рода *Fusarium* выделен с главного корня; второй – с боковых корешков; третий – с корневой шейки. На рис. 3 представлен мицелий гриба рода *Fusarium* после микрокопирования новых штаммов и стандарта.

Следующий этап исследований – это определение агрессивности полученных штаммов и выделение устойчивых растений с помощью экспресс-метода по поражению проростков огурца грибом *F. oxysporum*.

Простерилизованные семена огурца линии Л 160 (6.95/1) проращивали в течение трех суток, после чего определяли энергию прорастания семян и на седьмые сутки определяли всхожесть. Всхожесть семян линии составила 85–90%. Проросшие семена, в течение одного часа выдерживали в суспензии гриба (три штамма выделенные ранее в результате данной работы и один штамм – стандарт) и дистиллированной стерильной воде. После разложили в зараженные грибом опилки.

В период раскрытия семядольных листьев огурца часть сеянцев, зараженных грибом, значительно отстает в росте по сравнению с контролем.

Учет пораженности проростков проводили два раза. Это позволило определить динамику пораженности в зависимости от стадии проростков и от момента заражения семян и опилок.

В результате первой оценки, которая была проведена через две недели от периода прорастания семян, существенных различий в вариантах опыта, даже по сравнению с контролем не выявлено. В первом варианте опыта признаков увядания не обнаружено, но не все растения образовывали полноценный настоящий лист, а также наблюдалось незначительное отставание в росте, по отношению к контролю. Во втором и третьем вариантах опыта растения по развитию не уступали контролю. В четвертом варианте опыта (стандарт) высота растений колеблется от 0,5 до 1,5 см признаков увядания не наблюдалось, первый настоящий лист не образовался по сравнению с контрольными растениями. В пятом варианте опыта (контроль) все растения имели хорошо развитый настоящий лист.

Вторую оценку проводили через три недели от периода прорастания семян. Она показала, что в группах сеянцев огурца, зараженных 1 и 3 штаммами гриба рода *Fusarium* 25% растений, отстают в развитии, по сравнению с остальными; в группе зараженных 2 штаммом и контроле, все растения без признаков угнетения и поражения. В варианте опыта с использованием стандарта, 75%

сеянцев погибло, 25% имели признаки увядания.

Выводы

Мониторинг пораженности растений огурца корневой гнилью в теплицах, позволяет отслеживать развитие и распространение очагов болезни растений и вовремя принимать меры для предотвращения эпифитотий.

Выделение изолятов, получение чистой культуры возбудителя болезни предоставляет возможность идентифицировать и определить агрессивность возбудителя в конкретных производственных условиях. Угнетение и поражение растений в стандарте говорит о вирулентности этой физиологической расы гриба *Fusarium oxysporum*, ко-

торая агрессивнее преодолевает устойчивость данного генотипа по сравнению с новыми выделенными штаммами.

Оценка устойчивости растений огурца экспресс методом позволила определить контроль восприимчивости (линия Л 160 (6.95/1)) к *Fusarium oxysporum*.

Библиографический список

References

- 1.Гринько Н.Н. Видовой состав возбудителей корневой гнили огурца в защищенном грунте// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 5. С. 55–57.
- 2.Чистякова Л.А. Селекция гетерозисных гибридов партенокарпического огурца с устойчивостью к мучнистой росе и пероноспорозу: автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. М., ВНИИО. 2013. 25 с.
- 3.Чистякова Л.А., Бирюкова Н.К. Оценка селекционных линий огурца на устойчивость к пероноспорозу и мучнистой росе // Гавриш. 2012. № 1. С. 38–41.
- 4.Селекция *Cucumis sativus* L. на устойчивость к фузариозу с применением фильтрата культуральной жидкости гриба *Fusarium oxysporum* Schlecht / А.В. Солдатенко, А.А. Егорова, О.В. Бакланова, А.Н. Ховрин, Л.А. Чистякова, О.А.Разин // Овощи России. 2019. № 4 (48). С. 50-53. doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-50-53
- 5.Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
- 6.Егорова А.А. Экспресс-оценка партенокарпического огурца на устойчивость к фузариозу // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: мат.научно-практ. конф.: Донской ГАУ, 2016. С. 212–217.
- 7.Получение растений огурца с повышенной устойчивостью к фузариозному увяданию методами *in vitro* / А.В. Поляков, А.А. Ткачева, И.И. Тарасенков, Н.К. Бирюкова // Методические рекомендации ГНУ ВНИИО Россельхозакадемии. 2006. 28 с.
- 8.Масловская Е.М. Селекция партенокарпических гибридов огурца для условий весенне-летнего культурооборота автореферат дис... канд. с.-х. наук. М., ВНИИО, 2007. 30 с.
- 9.Ткачева А.А., Поляков А.В. Оценка селекционного материала огурца на устойчивость к фузариозному увяданию в лабораторных условиях. Селекция, семеноводство и биотехнология овощных и бахчевых культур: сб. науч. трудов ГНУ ВНИИО. М, 2003. С. 429–432.
- 10.Ускоренный метод выделения в чистую культуру и характеристика грибов рода *Fusarium*, поражающих морковь столовую / Л.М. Соколова, А.А. Егорова, Т.А. Терешонкова К.Л. Алексеева // Селекция и семеноводство овощных культур. 2014 №45. С. 496–501.

- 1.Grinko N.N. The species composition of pathogens of cucumber root rot in protected ground. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2002. No.5. Pp. 55–57. (In Russ).
- 2.Chistyakova L.A. Breeding of heterotic hybrids of parthenocarpic cucumber with resistance to powdery mildew and peronosporosis: abstract of the diss. of Cand. Sci. (Agr.). ARRIVG. Moscow, 2013. (In Russ). 25 p.
- 3.Chistyakova LA, Birukova N.K. Evaluation of cucumber breeding lines for resistance to peronosporosis and powdery mildew. Gavrish. 2012. No.1. Pp. 38–41. (In Russ).
- 4.Breeding of *Cucumis sativus* L. for resistance to *Fusarium* wilt using filtrate of the culture liquid of the fungus *Fusarium oxysporum* Schlecht. A.V. Soldatenko, A.A. Egorova, O.V. Baklanova, A.N. Khovrin, L.A. Chistyakova, O.A. Razin. Vegetables of Russia. 2019. No4 (48). Pp. 50–53. doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-50-53 (In Russ).
- 5.Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M. Russian Agricultural Academy. 2011. 648 p. (In Russ).
- 6.Egorova A.A. Rapid evaluation of cucumber for resistance to *Fusarium*. Innovations in crop cultivation technologies: a mat. of Scient. and Pract. Conf. : Donskoy GAU, 2016. Pp. 212–217. (In Russ).
- 7.Obtaining of cucumber plants with increased resistance to fusarium wilting by *in vitro* methods. A.V. Polyakov, A.A. Tkacheva, I.I. Tarasenkov, N.K. Birukova. Methodical recommendations of ARRIVG, Russian Agricultural Academy. 2006. 28 p. (In Russ).
- 8.Maslovskaya E.M. Breeding of parthenocarpic cucumber hybrids for the conditions of the spring-summer crop rotation. Abstract of the diss. of Cand. Sci. (Agr.). Moscow, ARRIVG. 2007. 30 p. (In Russ).
- 9.Tkacheva A.A., Polyakov A.V. Evaluation of the selection material of cucumber for resistance to fusarium wilting in laboratory conditions. Selection, seed production and biotechnology of vegetable and melons. Coll. of papers, ARRIVG. M, 2003. Pp. 429–432 (In Russ.).
- 10.Sokolova L.M., Egorova A.A., Tereshonkova T.A. Alekseeva K.L. The rapid method of isolation in a pure culture and characterization of fungi *Fusarium* which infect carrots. Breeding and seed production of vegetable crops, 2014. No.45. Pp. 496–501.

Об авторах

Author details

Чистякова Любовь Александровна, канд. с.-х. наук, с.н.с. лаборатории тыквенных культур, ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», селекционер Агрохолдинга «Поиск». E-mail: lyubov.chistyakova.83@mail.ru

Соколова Любовь Михайловна, канд. с.-х. наук, с.н.с. лаборатории селекции столовых корнеплодов и луков, ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». E-mail: lsokolova74@mail.ru

Бакланова Ольга Владимировна, канд. с.-х. наук, в.н.с. лаборатории тыквенных культур, ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», селекционер Агрохолдинга «Поиск». E-mail: baklanova@semenasad.ru

Егорова Анна Анатольевна, канд. с.-х. наук, с.н.с. лаборатории селекции и иммунитета пасленовых культур, ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». E-mail: egorova.ana@mail.ru

Chistyakova L.A., Cand. Sci (Agr.), senior research fellow of breeding of cucurbitaceous crops laboratory, ARRIVG – branch of FSBSI FSCVG, breeder of Poisk Agro Holding. E-mail: lyubov.chistyakova.83@mail.ru

Sokolova L.M., Cand. Sci (Agr.), senior research fellow of laboratory of breeding of root crops and onions, ARRIVG – branch of FSBSI FSCVG. E-mail: lsokolova74@mail.ru

Baklanova O.V., Cand. Sci (Agr.), leading research fellow of breeding of cucurbitaceous crops laboratory, ARRIVG – branch of FSBSI FSCVG, breeder of Poisk Agro Holding. E-mail: baklanova@semenasad.ru

Egorova A.A., Cand. Sci (Agr.), senior research fellow of Solanaceae crops Immunity and Breeding, ARRIVG – branch of FSBSI FSCVG. E-mail: egorova.ana@mail.ru