

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ НА ФОНЕ ВИРУСНЫХ И ВИРУСОПОДОБНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-75-80

УДК 632.3: 632.9

Поступление/Received: 22.04.2019

Принято/Accepted: 29.11.2019

Э. В. ТРУСКИНОВ*¹, М. Н. СИТНИКОВ

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;
* ✉ truskinov@yandex.ru

SPECIFIC FEATURES OF THE STUDY
AND MAINTENANCE OF A POTATO COLLECTION
THREATENED BY VIRUSES AND VIRUS-LIKE DISEASES

E. V. TRUSKINOV*, M. N. SITNIKOV

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia;
* ✉ truskinov@yandex.ru

Актуальность. Мировая коллекция картофеля ВИР – исходный материал для селекции картофеля, на основе которого создано много ценных отечественных сортов. Одним из важнейших направлений при их выведении является оценка на устойчивость к вирусным болезням, которая во многом зависит от условий распространения вирусов и качества их проявления. Наряду с изучением, необходимо постоянно поддерживать и сохранять коллекцию в здоровом состоянии. В данной статье исследуются проблемы, связанные с задачами изучения и поддержания коллекции картофеля на фоне сильного вирусного заражения, что постоянно оказывает негативное влияние на ее использование и сохранение. **Материал и методика.** Материалом исследований служила мировая коллекция селекционных сортов *Solanum tuberosum* L. и культурного вида картофеля *S. andigenum* Juz. et Buk., сохраняемая во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Приводятся данные мониторинга, проводимого в течение 8 лет на зараженность вирусными болезнями более 1000 образцов в условиях Пушкинских лабораторий ВИР [научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» ред.] и Полярной опытной станции ВИР. Визуальный контроль за симптомами поражения сочетался с иммуноферментным анализом (ИФА) на мозаичные вирусы ХВК, СВК, МВК и УВК. **Результаты и выводы.** Мировая коллекция картофеля ВИР на протяжении многих лет изучается и поддерживается на фоне сильного вирусного заражения. Из вирусов, имеющих наибольшее распространение и наносящих существенный урон картофелю, в Пушкине выделяются МВК и УВК, а в Хибинах – ХВК. Среди зараженного вирусами материала постоянно отмечаются образцы со скрытой вирусной инфекцией, которые обладают толерантным типом устойчивости. Оценка полевой вирусостойчивости селекционных сортов и гибридов в баллах нуждается в существенном пересмотре. Предлагается иной подход ее определения, учитывающий клоновый тип воспроизведения оцениваемых образцов.

Ключевые слова: коллекция картофеля, вирусные болезни картофеля, устойчивость к вирусам.

Background. The article deals with the problems faced while studying and maintaining a collection of plant genetic resources against a strong virus infection background. **Materials and methods.** The data obtained during 8 years of monitoring over 1000 potato accessions for the incidence of virus diseases are presented. The work was carried out at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR and at the Polar Experiment Station of VIR (Khibiny, Arctic Circle). Visual control of the symptoms of the infection was combined with an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for potato mosaic viruses X, S, M and Y. **Results and conclusions.** For many years, the global collection of VIR has been studied and maintained under a threat of strong virus infections. Among the viruses that have the widest distribution and cause significant damage to potato, there are viruses M and Y in Pushkin, and X in Khibiny. Among the infected plant material, accessions with a latent virus infection, manifesting tolerance to the pathogens, have constantly been observed. The conventional point-based principle of scoring field resistance of potato cultivars and hybrids to viruses requires a significant revision. A new alternative approach is proposed for virus resistance assessment, when the clonal reproduction type of the tested accessions is taken into account.

Key words: potato collection, virus diseases of potato, resistance to viruses.

¹ Статья напечатана в авторской редакции.

Введение

Мировая коллекция картофеля ВИР – исходный материал для селекции картофеля, на основе которого создано много ценных отечественных сортов. Одним из важнейших направлений при их выведении является оценка на устойчивость к вирусным болезням, которая во многом зависит от условий их распространения и качества проявления. Наряду с изучением, необходимо постоянно поддерживать и сохранять коллекцию в здоровом состоянии. Среди многих болезней картофеля так называемые болезни вырождения, вызываемые вирусами, фитоплазмами и вириодом веретеновидности клубней картофеля (ВВКК), постоянно присутствуют в посадках этой культуры, в отличие от других заболеваний, носящих сезонный или случайный характер (Loebenstein et al., 2005; Vlasov et al., 2016). Так, фитотороз проявляется обычно на поздней стадии вегетации растений, и его развитие определяется в основном погодными условиями. При засушливом лете он может не проявиться. Вирусы, однажды заразившие картофель, как правило, не исчезают, а размножаются и усиливают патогенез из поколения в поколение. Это связано, прежде всего, с вегетативным, клубневым способом размножения культурного картофеля, селекционных сортов и гибридов. Большинство вирусов при генеративном способе размножения (семенами) обычно не передаются.

Наряду с явной вредоносностью вирусов, особенно при смешанной инфекции, определенная опасность их состоит в том, что вирусная инфекция не всегда проявляется, может быть латентной и представлять угрозу для более уязвимых сортов при их размножении в семеноводстве, тогда как бессимптомные носители вирусов проявляют толерантность к ним и могут представлять интерес для селекции. При работе с коллекцией следует разграничивать цели исследования. Изучение на устойчивость к вирусам в полевых условиях требует испытания коллекционных образцов на хорошо выраженном инфекционном фоне. Совершенно другая цель стоит при поддержании большой сортовой коллекции, выращиваемой много лет. Для сохранения ее в здоровом состоянии требуется целая система мер, включая методы изоляции, борьбы с переносчиками инфекции, оздоровления пораженных образцов и их консервации. К сожалению, состояние этой обширной части коллекции не отвечает данным требованиям. Несколько лучше обстоит дело с видовой коллекцией, которую хранят в виде семян и периодически пересевают. Но и она быстро перезаражается на естественном и очень сильном вирусном инфекционном фоне.

Материал и методы

Исследование вирусной пораженности мировой коллекции картофеля ВИР, включавшей отечественные и зарубежные сорта, культурные, примитивные и дикие виды, проводилось на территориях Пушкинских лабораторий ВИР, Павловской и Полярной опытных станций ВИР [научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР и Полярной опытной станции ВИР – филиала ВИР» ред.] в течение многих лет (Truskinov, Frolova, 2002; Truskinov et al. 2011). Материал, изученный на протяжении последних 10 лет, включал в основном селекционные сорта и образцы культурного вида *Solanum andigenum* Juz. et Buk.

Первоначально проводилась визуальная оценка внешнего состояния растений, отмечались симптомы поражения. Для определения вида вирусной инфекции использовали методы иммунодиагностики (серологический анализ, позже ИФА – иммуноферментный анализ). В основном использовалась отечественная тест-система «сэндвич-варианта» ИФА (ELISA), разработанная на основе совместной работы Биофака МГУ, Института биорганической химии РАН и НИИ картофельного хозяйства (НИИКХ). В работе применялись диагностические наборы к вирусам ХВК, СВК, МВК и УВК, производимые в Биотехцентре НИИКХ (Trofimets et al., 1985).

С 1972 года в институте впервые осваивали метод культуры меристемной ткани и проводилось оздоровление коллекционных образцов картофеля от вирусных болезней (Truskinov, 1978). В те же годы был разработан метод поддержания и хранения оздоровленной коллекции картофеля в культуре *in vitro* (Truskinov, 1987; Truskinov, Frolova, 2000). В последние годы в Пушкине проводился регулярный мониторинг коллекции картофеля на вирусные болезни методами визуального контроля и иммунодиагностики (ИФА).

Результаты

Основное многообразие коллекции картофеля ВИР поддерживается в полевых условиях на территории Пушкинского филиала ВИР [научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» ред.], а также на Полярной опытной станции (Хибины). Результаты многолетних исследований свидетельствуют о сильной зараженности сортовой коллекции вирусами как в Пушкине, так и в Хибинах. При этом на Полярной опытной станции (ПОС ВИР) имеет большее распространение контактный X-вирус картофеля (ХВК) – до 60% и более, по сравнению с Пушкинским филиалом ВИР [научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» ред.] (не более 20% образцов). Объясняется это относительно меньшей векторной передачей вирусов в Заполярье. Следует отметить, что внешне многие сорта и виды картофеля на Полярной станции выглядят лучше, даже при наличии вирусов. Такое их состояние, создавая видимость оздоровления, на самом деле таковым не является. ПОС ВИР изначально мыслилась не только как место для дублетной коллекции картофеля, но и как благоприятная фитосанитарная зона для ее поддержания и сохранения. Однако вирусные образцы картофеля от вирусов здесь не избавлялись, хотя визуально могли выглядеть вполне здоровыми. Недолго оставались здесь безвирусными также здоровые, в том числе оздоровленные методом культуры ткани меристемные образцы, выращиваемые по соседству с инфицированным материалом. Заражение происходило в основном путем механической передачи вирусов, что подтверждается значительным распространением здесь контактного вируса ХВК. Если и происходит какое-то экологическое оздоровление, то оно лишь временное и приуроченное к данному месту. При возвращении полярных образцов в Пушкин вирусная инфекция проявляется в полной мере.

Из других наиболее распространенных вирусов на сортовой коллекции в Пушкине надо отметить в первую очередь М-вирус картофеля (МВК) и S-вирус картофеля (СВК) – до 80% образцов показывают наличие вируса, и в меньшей степени Y-вирус картофеля (УВК) – до 50% образцов. На ПОС ВИР энтомофильные вирусы МВК

и YBK распространены не так сильно – 31% и 24%. Виды тли там имеются, но меньшей численности, также и их видовой состав, видимо, менее подходит для картофеля. Например, контактный ХБК заражал более 60% образцов, а не столь хорошо передающийся тлей SBK отмечен только у 36–45% образцов (табл. 1).

Изучение фитосанитарного состояния видовой коллекции показало, что степень поражения ее вирусами не менее сильная. Полностью заражена и сильно вырождена стародавняя коллекция чилийского *S. tuberosum*, репродуцируемая на полях Пушкинского филиала ВИР [научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» ред.]. Значительно лучше она выглядит на Полярной станции ВИР, хотя иммунофер-

ментный анализ показывает высокую степень зараженности вирусами. На 100% инфицирована в поле коллекция *S. andigenum*. При этом зараженность пересейанных образцов в оранжерее была невысокой, в частности YBK – всего 6% (в поле до 90%), что определенно связано с относительной изоляцией от источников и переносчиков инфекции в условиях закрытого грунта (табл. 2).

В 2018 году исследовались на наличие вирусов образцы с ПОС ВИР и образцы многолетней репродукции в Пушкине. Если MBK и YBK заражали анализируемый материал примерно в равной степени, то ХБК и SBK преобладали в части коллекции, присланной из Заполярья. Это только подтверждает большую распространенность там контактных вирусов.

Таблица 1. Зараженность сортовой коллекции картофеля вирусами

Table 1. Virus incidence in the potato cultivar collection

Годы	Число сортов	Число сортов с вирусами по данным ИФА (%)			
		ХБК	SBK	MBK	YBK
2008	70	13	60	64	33
2009	257	20	80	83	50
2010	270	13	34	45	28
2011	140	18	39	76	42
2012	50*	2	10	18	18
	30	3	23	63	50
2015	94**	63	45	31	24
2017	57***	9	17	29	23
2018	57***	14	14	33	24
	41**	27	36	31	24
	42	7	40	64	24

* Сорта, оздоровленные методом культуры апикальных меристем

** Сорта с Полярной опытной станции ВИР (ПОС ВИР)

*** Сорта на эколого-географическом испытании (ЭГИ) в Пушкине

Без звездочек – сорта из коллекции Пушкинской репродукции

* Cultivars devirused with apical meristem culture

** Cultivars from the Polar Experiment Station of VIR

*** Cultivars undergoing ecogeographic trials at Pushkin

Without asterisks are cultivars from the collection of Pushkin reproductions

Таблица 2. Зараженность коллекции образцов *Solanum andigenum* Juz. et Buk. вирусами

Table 2. Virus incidence among the accessions of *Solanum andigenum* Juz. et Buk.

Годы	Число образцов	Число образцов с вирусами по данным ИФА (%)			
		ХБК	SBK	MBK	YBK
2013	94	26	42	51	88
2014	60	12	12	73	90
	70*	7	21	11	6
2018	50	12	36	72	70
	50**	30	70	64	68

* Образцы, репродуцированные в оранжерее

** Образцы с Полярной опытной станции ВИР (ПОС ВИР).

Без звездочек – образцы Пушкинской репродукции в поле

* Accessions reproduced in a glasshouse

** Accessions from the Polar Experiment Station of VIR

Without asterisks are accessions of the Pushkin reproductions in the field

Обсуждение

При вирусологическом мониторинге коллекций картофеля следует учитывать, что вирусов, поражающих эту культуру, насчитывается теперь уже более 30 (Loebenstein et al., 2005). В нашем исследовании диагностировались методом ИФА вирусы, которые являются наиболее распространенными и изученными по своей биологии и симптоматике. Однако есть и другие, имеющие также важное экономическое значение для этой культуры. Среди них вирус скручивания листьев картофеля (ВСЛК), почвенные вирусы погремковости табака (ВПТ или rattle вирус) и метельчатости верхушки картофеля (ВМК, тор-тор вирус) и др. Определить их можно как визуально по характерным симптомам, например, ВСЛК, так и путем лабораторных тестов (ИФА, ПЦР и др.).

К вирусоподобным агентам относится вириод веретеновидности клубней картофеля (ВВКК), долгое время принимавшийся за вирус и вызывавший в южных регионах болезнь, называемую готикой. Весьма похожи на признаки вирусных желтух симптомы, вызываемые фитоплазмами, патогенами микоплазменного происхождения (Vlasov et al., 2016). Отличить их можно лишь путем специальных тестов. Некоторые симптомы, подобные вирусным болезням, могут быть функционального, эколого-физиологического происхождения и вызваны разными причинами погодного характера, действия химических обработок, дефицита или избытка некоторых элементов питания растений.

Немаловажную роль в той или иной картине поражения могут играть штаммовые различия вирусов. Так, широко распространенный и выходящий теперь на первое место в вирусном патогенезе картофеля УВК особенно отличается этим. При этом старые штаммы заменяются новыми, более патогенными. Так, в последние годы почти не заметны симптомы так называемой полосчатой, некрозной мозаики (streak), вызываемой штаммом У^СВК, зато появился штамм У^{NTN}ВК, поражающий некрозами уже не ботву, а клубни.

При изучении коллекции картофеля оценка коллекционных образцов на устойчивость к различным патогенам является одной из первостепенных задач. Понятие устойчивости, применительно к вирусным болезням картофеля, многозначно и зависит как от качественной, так и количественной стороны ее оценки. В отечественной научной литературе она соответствует международному термину «резистентность» (resistance). Самую высокую степень резистентности, крайнюю устойчивость (ER – extreme resistance) привыкли обычно связывать с иммунитетом (immunity), хотя подлинный иммунитет – это скорее то, что принято считать «non-host resistance», то есть когда культура не является хозяином того или иного патогена. Например, зерновые культуры иммунны ко многим болезням и вредителям пасленовых, и наоборот. Существует по крайней мере семь типов устойчивости картофеля к вирусным болезням, которые следует выделять и определять (Gavrilenko et al., 2005; Makarova et al., 2017). Традиционно основным путем селекции на устойчивость была и остается селекция на ER, обусловленная доминантными R-генами устойчивости к отдельным вирусам, а иногда на сверхчувствительность (HR – hypersensitive resistance), также олигогенного типа. Выявлять их можно лишь путем искусственного заражения или ДНК-маркеров. Однако конечным кри-

терием любой устойчивости, ее оценки, безусловно, служат полевые испытания. Под полевой устойчивостью к вирусам обычно понимают устойчивость к естественному заражению и связывают с полигенной ее природой. Однако на самом деле она может быть обусловлена и олигогенами в случае ER и HR, также влияющими на полевую иммунитет (field immunity). При визуальном вирусологическом контроле обычно всегда выделяется группа сортов со скрытой вирусной инфекцией, выявляемой ИФА-диагностикой. Так, по данным 2010 г., из 270 обследованных сортов в эту группу входило 44 сорта (16%). Часть из них отнесены к сортам толерантным типом устойчивости (Truskinov et al., 2011).

При наличии подходящего инфекционного фона и необходимого времени изучения (по методике – три года), полевая устойчивость сорта к вирусной инфекции как таковая остается определяющим и конечным критерием оценки сорта, независимо от генетической ее обусловленности. Обычно оценка полевой устойчивости селекционных сортов и гибридов картофеля к вирусам сводится не просто к визуальному контролю, констатации наличия или отсутствия симптомов вирусных болезней на обследуемом материале, но также к количественному определению числа пораженных растений, выраженному в процентах поражения и цифровых баллах, им соответствующих (Budín et al., 1986; Kiru et al., 2010). И тут возникают определенные несоответствия между принятой методикой определения балльной оценки и клоновой природой оцениваемого материала. Предпринята попытка преодолеть их, разработав иную, модифицированную методику оценки, учитывающую прежде всего вредоносный качественный, а не количественный характер поражения, не имеющий существенного значения при клоновом характере воспроизведения (Truskinov, 2017).

В 1970–1980-е гг. предпринимались определенные попытки выработать систему оздоровления коллекции картофеля, начиная с интродукционно-карантинного питомника Павловской опытной станции ВИР [научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» ред.]. Тогда были наиболее массовые экспедиционные поступления из-за рубежа, в том числе с родины картофеля – Южной Америки. Именно там и тогда было начато оздоровление интродуцированного материала методом культуры меристемной ткани, проводилось испытание на вирусы всего материала в карантинной оранжерее (серодиагностика), а также разграничение вирусных и свободных от вирусов образцов при полевом их выращивании. Работа по оздоровлению была продолжена в Пушкине: там впервые была создана дублетная коллекция картофеля *in vitro* (Truskinov, 1978, 1987; Truskinov, Frolova, 2000). Перевести всю клоновую коллекцию поддержания в пробирки в принципе можно, но возникают проблемы, связанные с большой трудоемкостью и высокой затратностью метода, особенно при значительном ее объеме (порядка 2000 образцов). Поддержание и хранение коллекции картофеля в культуре *in vitro* – важный страхующий прием сохранения наиболее ценных образцов, воспроизводимых клоновым путем.

Продолжением этой работы в ВИР стали опыты по криоконсервации и криотерапии, закладка образцов на хранение в жидком азоте (Dunaeva et al., 2017). В последние годы внешний карантин допускает материал в страну лишь в виде семян, пыльцы и культуры *in vitro*

с сертификатом, удостоверяющим отсутствие в нем вирусов и вириода (Jeffries, 1998). Это совпало с резким сокращением экспедиций за границу и интродукции оттуда клубневого материала. Данное правило не соблюдается при ввозе его из некоторых стран ближнего зарубежья (СНГ), что противоречит карантинному допуску и открывает ворота для разных опасных, в том числе вирусных инфекций и вириода. Приведение работы с коллекцией картофеля, приемов изучения и способов поддержания в соответствие с общепринятой международной практикой фитосанитарного контроля является первой необходимостью.

Выводы

1. Мировая коллекция картофеля ВИР на протяжении многих лет изучается и поддерживается на фоне сильного вирусного заражения. Из вирусов, имеющих наибольшее распространение и наносящих существенный урон картофелю, в Пушкине выделяются МВК и УВК, а в Хибинах – ХВК.

2. Дублетная коллекция картофеля на Полярной опытной станции ВИР не является гарантией оздоровления ее от вирусов. Вирусная инфекция распространяется здесь в основном контактным путем.

3. Среди зараженного вирусами материала постоянно отмечаются образцы со скрытой вирусной инфекцией, которые обладают толерантным типом устойчивости.

4. Оценка полевой вирусостойчивости селекционных сортов и гибридов в баллах нуждается в существенном пересмотре с учетом клонового типа их воспроизведения.

5. Сохраняемая много лет коллекция поддержания, наиболее пораженная вирусами, требует серьезных защитных и оздоровительных мер сохранения. Оздоровленная коллекция *in vitro* и криоколлекция важны как дублетный страховой генофонд наиболее ценного клонового материала.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

References/Литература

- Budin K.Z., Kameraz A.Ya., Bavyko N.F., Kostina L.I., Morozova E.V., Turuleva L.M. Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR's collection of potato (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu obraztsov mirovoy kollektzii kartofelya). Leningrad: VIR; 1986. [in Russian] (Будин К.З., Камераз А.Я., Бавыко Н.Ф., Костина Л.И., Морозова Е.В., Турулева Л.М. Методические указания по изучению и поддержанию образцов мировой коллекции картофеля. Ленинград: ВИР; 1986).
- Dunaeva S.E., Pendinen G.I., Antonova O.Yu., Shvachko N.A., Ukhatova Yu.V., Shuvalova L.E., Volkova N.N., Gavrilenko T.A. Preservation of vegetatively propagated crops in the *in vitro* and cryogenic collections. Guidelines (Sokhraneniye vegetativno razmnzhayemykh kultur v *in vitro* i kriokollektsiyakh. Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Дунаева С.Е., Пендинен Г.И., Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Ухатова Ю.В., Шувалова Л.Е., Волкова Н.Н., Гавриленко Т.А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и криоколлекциях. Методические указания. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).
- Gavrilenko T.A., Antonova O.Yu., Rogozina E.V. Breeding virus resistant potato cultivars: traditional and biotechnological approaches. In: B.V. Rigin, E.I. Gaevskaya (eds). *Identified plant genepool and breeding*. St. Petersburg: VIR; 2005. p.644-662. [in Russian] (Гавриленко Т.А., Рогозина Е.В., Антонова О.Ю. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и методов биотехнологии. В кн.: *Идентифицированный генофонд растений и селекция* / под ред. Б.В. Ригина, Е.И. Гаевской. Санкт-Петербург: ВИР; 2005. С.644-662).
- Jeffries C.J. FAO/IPGRI Technical guidelines for safe movement of germplasm. Vol. 19. Potato. Rome: FAO/IPGRI; 1998.
- Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteyeva N.M., Rogosina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Methodological guidance directory for studying and maintaining VIR's collection of potato (Metodicheskiye ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoy kollektzii kartofelya). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Loebenstein G., Berger P.H., Brunt A.A., Lawson R.H. (eds). *Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes*. Dordrecht: Springer; 2001. DOI: 10.1007/978-94-007-0842-6
- Makarova S.S., Makarov V.V., Taliansky M.S., Kalinina N.O. Resistance to viruses of potato: current status and prospects. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(1):62-73. [in Russian] (Макарова С.С., Макаров В.В., Тальянский М.Э., Калинина Н.О. Устойчивость картофеля к вирусам: современное состояние и перспективы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(1):62-73). DOI: 10.18699/VJ17.224
- Trofimets L.N., Zamotaev A.I., Varitsev Y.A., Knyazeva V.P., Gerasimova K.F., Uskov A.I., Babosha A.V., Egorova L.I., Rusinova E.Y. ELISA method of diagnostics (Immunofерментnyi metod diagnostiki). *Zashchita rasteniy = Plant Protection*. 1985;(11):8-10. [in Russian] (Трофимец Л.Н., Замотаев А.И., Варицев Ю.А., Князева В.П., Герасимова К.Ф., Усков А.И., Бабоша А.В., Егорова Л.И., Русинова Е.Я. Иммуноферментный метод диагностики. *Защита растений*. 1985;(11):8-10).
- Truskinov E.V. Concerning the method of field assessment of potato varieties for resistance to viruses (K metodike polevoy otsenki sortov kartofelya na virusoustoychivost). In: S.V. Zhevor (ed.). *Potato farming. Proceedings of the International Scientific and Practical conference 'Innovative Technologies of Potato Breeding and Seed Production' (Kartofelevodstvo. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 'Innovatsionnyye tekhnologii selektsii i semenovodstva kartofelya)*. Moscow; 2017. p.80-87. [in Russian] (Трускинов Э.В. К методике полевой оценки сортов картофеля на вирусостойчивость. В кн.: *Картофелеводство. Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные технологии селекции и семеноводства картофеля»* / под ред.: С.В. Жеворы. Москва; 2017. С.80-87).

- Truskinov E.V. Maintenance and storage of potato collection accessions *in vitro*. Methodological guidelines. (Podderzhaniye i khraneniye kolleksiionnykh obraztsov kartofelya v usloviyakh *in vitro*. Metodicheskiye ukazaniya). Leningrad; 1987. [in Russian] (Трускинов Э.В. Поддержание и хранение коллекционных образцов картофеля в условиях *in vitro*. Методические указания. Ленинград; 1987).
- Truskinov E.V. Some results of virus diseases elimination from accessions of the potato collection by the meristem tissue culture method (Nekotoryye itogi ozdorovleniya kolleksiionnykh obraztsov kartofelya ot virusnykh bolezney metodom kultury meristemnoy tkani). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1978;62(1):144-51. [in Russian] (Трускинов Э.В. Некоторые итоги оздоровления коллекционных образцов картофеля от вирусных болезней методом культуры меристемной ткани. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1978;62(1):144-151).
- Truskinov E.V., Frolova D.V. Catalogue of the VIR global collection of VIR. Issue 705. Potato accessions *in vitro* (Katalog mirovoy kolleksii VIR. Vypusk 705. Obraztsy kartofelya *in vitro*). St. Petersburg: VIR; 2000. [in Russian] (Трускинов Э.В., Фролова Д.В. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 705. Образцы картофеля *in vitro*. Санкт-Петербург: ВИР; 2000).
- Truskinov E.V., Frolova D.V. Virus estimation of the world potato collection. *Plant Protection News*. 2002;(1):22-26. [in Russian] (Трускинов Э.В., Фролова Д.В. Вирусологическая оценка мировой коллекции картофеля. *Вестник защиты растений*. 2002;(1):22-26).
- Truskinov E.V., Khrustaleva Ya.B., Koroleva L.V., Kosareva O.S. Investigation of the potato collection of the All-Russian Institute of Plant Industry for the purpose of revealing grades with field resistance virus diseases. *Plant Protection News*. 2011;(3):41-44. [in Russian] (Трускинов Э.В., Хрусталева Я.Б., Королева Л.В., Косарева О.С. Обследование коллекции картофеля ВИР с целью выявления сортов с полевой устойчивостью к вирусным болезням. *Вестник защиты растений*. 2011;(3):41-44).
- Vlasov Yu.I., Larina E.I., Truskinov E.V. Agricultural phytovirology. St. Petersburg – Pushkin: VIZR; 2016. [in Russian] (Власов Ю.И., Ларина Э.И., Трускинов Э.В. Сельскохозяйственная фитовирусология. Санкт-Петербург – Пушкин: ФБГНУ ВИЗР; 2016).

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования/How to cite this article

Трускинов Э.В., Ситников М.Н. Особенности изучения и поддержания коллекции картофеля на фоне вирусных и вирусоподобных заболеваний. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(4):75-80. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-75-80

Truskinov E.V., Sitnikov M.N. Specific features of the study and maintenance of a potato collection threatened by viruses and virus-like diseases. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(4):75-80. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-75-80

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-75-80>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest