

Развитие фузариоза по фитофторозу в клубнях картофеля

Development of Fusarium dry rot after late blight in potato tubers

Тучков И.В., Чудосветова Д.Ю., Тараканов Р.И., Смирнов А.Н.

Tuchkov I.V., Chudosvetova D.Yu., Tarakanov R.I., Smirnov A.N.

Аннотация

Abstract

Цель исследования – оценить видовой состав грибов рода *Fusarium*, развивающихся по фитофторозу, а также уточнить источники и локализацию фузариоза в клубнях картофеля с учетом подобной сукцессии и фитосанитарной ситуации. Исследования проводили в лаборатории сектора фитопатологии кафедры защиты растений РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева в 2021–2023 годах. Отобранные клубни сортов картофеля Ред Скарлетт и Адретта отмывали от почвы в водопроводной воде. Поверхностную стерилизацию проводили по соответствующей методике. Для этого клубни погружали в 2%-ный раствор гипохлорида натрия на пять минут, трижды промывали стерильной дистиллированной водой и высушивали стерильной фильтровальной бумагой. Из стерилизованных клубней извлекали их центральную часть и нарезали на кубики площадью 1 см². Далее, исходя из варианта опыта, на кубик помещали фрагменты сосудистого кольца, глазков и перидермы. На образцы наносили 80 мкл суспензии изолята *P. infestans* 161, из коллекции РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (любезно предоставлен ВНИИКХ имени А.Г. Лорха в 2014 году) и инкубировали во влажной камере при температуре 20–23 °С и умеренном освещении в течение 10 суток. Варианты опыта включали по себе: 1) стерильный кубик и перидерму; 2) стерильный кубик и глазки; 3) стерильный кубик и сосудистое кольцо; 4) отрицательный контроль в виде стерильного кубика. Фитофтора создает точки проникновения возбудителей фузариоза в клубнях картофеля. Локализация грибов рода *Fusarium* в исследованных клубнях после их поражения фитофторозом связана с перидермой клубней картофеля. Виды рода *Fusarium* были идентифицированы с помощью сочетания морфологических, культуральных (строение колоний, мицелиев и конидий) и молекулярных (ПЦР и секвенирование) характеристик. Молекулярной идентификацией выявленных грибов рода *Fusarium* установлен комплекс трех видов: *F. oxysporum*, *F. proliferatum* и *F. solani*. Этот факт необходимо учитывать при производстве и хранении продовольственного и семенного картофеля.

The aim of the study is to evaluate the species composition of *Fusarium* fungi developing due to late blight, as well as to clarify the sources and localization of *Fusarium* in potato tubers, taking into account such succession and phytosanitary situation. The research was carried out in the laboratory of the Phytopathology sector of the Department of Plant Protection of the Russian State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev in 2021–2023. The selected tubers of the Red Scarlet and Adretta potato varieties were washed from the soil in tap water. Surface sterilization was carried out according to the appropriate method. To do this, the tubers were immersed in a 2% solution of sodium hypochloride for five minutes, washed three times with sterile distilled water and dried with sterile filter paper. The central part of the sterilized tubers was extracted and cut into cubes with an area of 1 cm². Further, based on their version of the experiment, fragments of the vascular ring, eyes and periderm were placed on the cube. 80 µl of *P. infestans* 161 isolate suspension was applied to the samples, from the collection of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (courtesy of the Russian Potato Research Centre in 2014) and incubated in a humid chamber at a temperature of 20–23 °C and moderate lighting for 10 days. Experience options included: 1) sterile cube and periderm, 2) sterile cube and eyes, 3) sterile cube and vascular ring, 4) negative control in the form of a sterile cube. *Phytophthora* creates penetration points of *Fusarium* pathogens in potato tubers. Localization of *Fusarium* fungi in the studied tubers after their defeat by late blight is associated with the periderm of potato tubers. *Fusarium* species were identified using a combination of morphological, cultural (colony structure, mycelia and conidia) and molecular (PCR and sequencing) characteristics. Molecular identification of the identified fungi of the genus *Fusarium* revealed a complex of three species: *F. oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. solani*. This fact must be taken into account when producing and storing food and seed potatoes.

Ключевые слова: фитофтороз картофеля, фузариоз картофеля, *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium proliferatum*.

Key words: potato late blight, potato tuber dry rot, *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium proliferatum*.

Для цитирования: Развитие фузариоза по фитофторозу в клубнях картофеля / И.В. Тучков, Д.Ю. Чудосветова, Р.И. Тараканов, А.Н. Смирнов // Картофель и овощи. 2023. №7. С. 32–36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.23.73.001>

For citing: Development of *Fusarium* dry rot after late blight in potato tubers. I.V. Tuchkov, D.Yu. Chudosvetova, R.I. Tarakanov, A.N. Smirnov. Potato and vegetables. 2023. No7. Pp. 32–36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.23.73.001> (In Russ.).

Фитофтороз и фузариоз, вызываемые псевдогрибом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary и грибами рода *Fusarium*, – опаснейшие болезни клубней картофеля, способные представлять угрозу для продовольственной безопасности страны. Возбудители характеризуются эффективными инфекционным циклом [1–4]. При

их фитопатологических исследованиях в России обычно четко выявляется закономерность: после заражения тканей клубня *P. infestans* сначала проявляется мицелиальный налет псевдогриба, выраженный в разной степени, но через 3–6 суток и далее он замещается мицелием грибов рода *Fusarium* (рис. 1) с форми-

рованием их характерных макро- и микроконидий.

Такая сукцессия возможна и после развития возбудителя альтернативного фузариоза, но при определенных гидро-термических условиях [5]. Именно по ходу развития фузариоза происходит деструкция клубней, хранению они не подлежат. Подобное развитие событий актуально, например, для

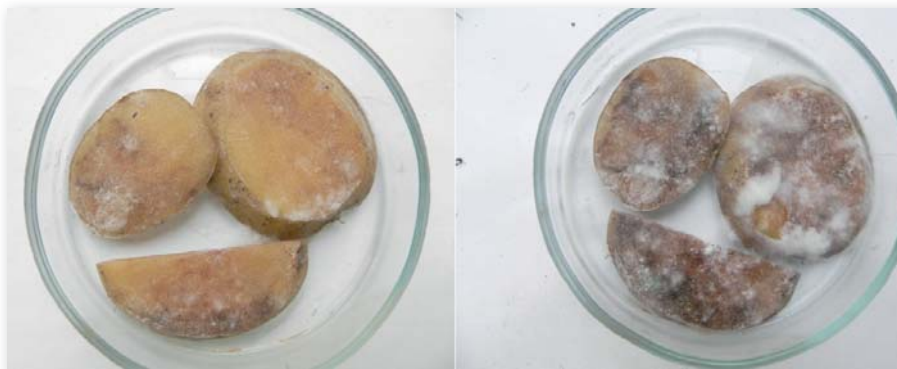


Рис. 1. Инкубация инфицированных зооспорангиями *P. infestans* ломтиков клубней картофеля: слева – через 5 суток развитие фитофтороза на ломтиках клубней картофеля в виде умеренного и слабого налета *P. infestans*; справа – через 10 суток развитие фузариоза в виде потемнения клубней и значительного налета грибов рода *Fusarium*.

Московской области, но в меньшей степени характерно для Мексики. Там клубни способны разрушаться по мере развития только лишь фитофтороза.

В результате этой динамики патогенного комплекса возможно и развитие возбудителей опасных бактериозов картофеля [6, 7], вероятно, из-за значительной аффилиции с *P. infestans* и другими патогенами грибной природы.

Цель исследования – оценить видовой состав грибов рода *Fusarium*, развивающихся по фитофторозу, а также уточнить источники и локализацию фузариоза в клубнях картофеля с учетом подобной сукцессии и фитосанитарной ситуации.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в лаборатории сектора фитопатологии кафедры защиты растений РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева в 2021–2023 годах. Отобранные клубни сортов картофеля Ред Скарлетт и Адретта отмывали от почвы в водопроводной воде. Поверхностную стерилизацию проводили по соответствующей методике [8]. Для этого клубни погружали в 2%-ный раствор гипохлорида натрия на пять минут, трижды промывали стерильной дистиллированной водой и высушивали стерильной фильтровальной бумагой.

Из стерилизованных клубней извлекали их центральную часть и нарезали на кубики площадью 1 см². Далее, исходя их варианта опыта, на кубик помещали фрагменты сосудистого кольца, глазков и перидермы. На образцы наносили 80 мкл суспензии изолята *P. infestans* 161, из коллекции РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева (лю-

безно предоставлен ВНИИКХ имени А. Г. Лорха в 2014 году) и инкубировали во влажной камере при температуре 20–23 °С и умеренном освещении в течение 10 суток. Варианты опыта включали в себя: 1) стерильный кубик и перидерму; 2) стерильный кубик и глазки; 3) стерильный кубик и сосудистое кольцо; 4) отрицательный контроль в виде стерильного кубика. Эксперимент проводили в трех повторностях, в каждой по четыре повторения (в чашках Петри было по четыре клубневых ломтика).

Виды рода *Fusarium* были идентифицированы с помощью сочетания морфологических, культуральных (строение колоний, мицелиев и конидий) и молекулярных (ПЦР и секвенирование) характеристик.

Четыре изолята гриба рода *Fusarium* выделили из инокулированных картофельных клубневых дисков сорта Ред Скарлетт. Налет с характерными признаками для *Fusarium* sp. был выделен и очищен методом предельных разведений до моноспоровой культуры. Ее культивировали 7 суток при температуре 23 °С. Морфологические характеристики колоний, мицелия и конидий были описаны с использованием светового микроскопа Carl Zeiss Primo Star.

Мицелий собирали при помощи пинцета в пробирку типа

Эппендорф объемом 1,5 мл. Общую геномную ДНК экстрагировали при помощи набора для выделения ДНК «Цитосорб» (компания «Синтол», Россия) в соответствии с протоколом производителя.

Реакцию ПЦР проводили с использованием универсальной пары праймеров с внутренним транскрибируемым спейсером (ITS) [9]. Реакционная смесь содержала 5X мастер-микс MasDDTaqMIX-2025 (Диалат, Москва, Россия) – 5 мкл; 10 мкМ каждого праймера – 1 мкл; 25 нг ДНК-мишени – 2 мкл и воду для ПЦР – 16 мкл, конечный объем смеси составил 25 мкл. Амплификацию проводили в термоциклере T100 (Bio-Rad Laboratories, США). Условия проведения ПЦР: предварительная денатурация при 96 °С в течение 15 мин; денатурация при 95 °С в течение 30 с, отжиг при 52 °С в течение 30 с, элонгация при 72 °С в течение 90 с (39 циклов); окончательная элонгация при 72 °С в течение 6 мин. Визуализацию продуктов ПЦР проводили методом электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле с бромистым этидием.

Фрагменты ПЦР выделяли и очищали с помощью набора ColGen (компания «Синтол», Россия) в соответствии с рекомендациями производителя. Секвенирование ампликонов проводили с использованием BigDye™ Terminator v.3.1. Применяли набор для секвенирования v.3.1 (Applied Biosystems, США) на генетическом анализаторе 3130xl (Applied Biosystems, США) на базе ООО «Синтол». Сборку и анализ последовательностей, полученных в ре-



Рис. 2. Локализация (фокус развития) мицелия грибов рода *Fusarium* в районе перидермы клубней картофеля

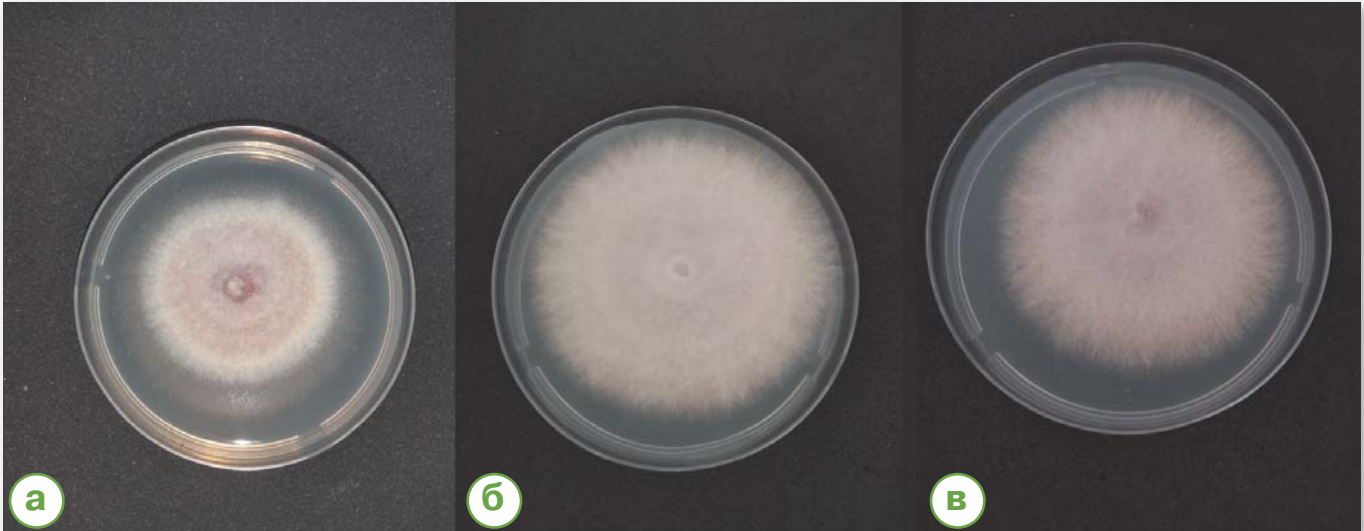


Рис. 3. Колонии *F. oxysporum* (а), *F. proliferatum* (б), *F. solani* (в) на питательной среде КГА (картофельно-глюкозный агар) на 7-е сутки

зультате секвенирования, проводили с помощью BioEdit v.7.2.

Молекулярную идентификацию изолятов проводили при помощи генетической базы данных BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) путем сравнения сиквенсов с базой данных. Сопоставление и сравнение последовательностей с организмами в базе данных, процент сходства геномов которых был более 95%, позволил сделать вывод о принадлежности изолятов к отдельным видам патогенов.

Результаты исследований

Локализация грибов рода *Fusarium* в исследованных клубнях. Проведенные опыты позволили выявить структуры *Fusarium* sp. по псевдогрибу *P. infestans* только на перидерме картофеля обоих исследуемых сортов (рис. 2), в других зонах они обнаружены не были (табл.). Это свидетельствует о возможности первичного заражения грибами рода *Fusarium* sp. только в поверхностных слоях клубней.

Морфологическая характеристика моноспорных изолятов *Fusarium*. Чистые культуры рода *Fusarium* соответствовали видам *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend Snyder & Hansen (два моноспорных изолята), *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg (один моноспорный изолят), *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. (один моноспорный изолят) (рис. 3, 4). Они составляли единый патоконкомплекс. Детали видовой идентификации представлены ниже.

F. oxysporum. Колонии плоские, воздушные от белого до розового

или пурпурного цвета. Гифы разветвленные. Конидии *F. oxysporum* до 30 × 5 мкм, цилиндрической, банановой или сигарообразной формы, часто с заостренным концом, перегородок – от 0 до 3. Микроконидии этого вида мелкие и одноклеточные. Гриб обладает значительным адаптационным потенциалом, в результате чего может колонизировать широкий спектр природных и культивируемых сред.

F. proliferatum – патоген, который может вызывать заболевания у широкого спектра растений-хозяев. Гриб образует быстрорастущие, пушистые колонии от белого до розовато-желтого цвета. Гифы гиалиновые, перегородчатые и разветвленные, с узкими (2–5 мкм) и гладкостенными клетками. Гриб может образовывать спородохии, черные или темно-коричневые. Конидиофоры простые или разветвленные и имеют по несколько завитков фиалид. Конидии одноклеточные, эллипсоидные или цилиндрические, гиалиновые, гладкостенные, размером 11–28 × 3–7 мкм. Они располагаются поодиночке и короткими цепочками на конидиофорах. В целом морфологические характеристики *F. proliferatum* сходны с таковыми у других видов рода *Fusarium*, что затрудняет оконча-

тельную идентификацию этого гриба только на основании морфологии.

Колонии *F. solani* от белого до бледно-желтого цвета. Конидии обычно имеют форму банана с тремя-пятью перегородками. Макроконидии серповидной формы, со слегка изогнутым или прямым телом и ножкообразной базальной клеткой. Они имеют от трех до пяти перегородок, размерами 25–50 × 4–6 мкм. Микроконидии представляют собой небольшие овальные структуры размером от 2 до 5 мкм в длину. Хламидоспоры представляют собой шаровидные, толстостенные покоящиеся споры, которые образуются либо поодиночке, либо скоплениями. Спородохии представляют собой компактные подушечки гиф, на поверхности которых образуются конидии. *F. solani* можно идентифицировать по его изогнутым или серповидным макроконидиям, банановидным или изогнутым и образующих характерные сухие, порошкообразные массы конидий.

Идентификация выявленных видов рода *Fusarium*. Результат визуализации продуктов ПЦР приведен на рис. 5.

Обнаружение структур *Fusarium* в различных тканевых зонах клубней картофеля (+ – обнаружили, - - не обнаружили)

Тканевые зоны клубней картофеля	Сорт	
	Ред Скарлетт	Адретта
Перидерма	+	+
Глазки	-	-
Сосудистое кольцо	-	-
Контроль (стерильный кубик)	-	-

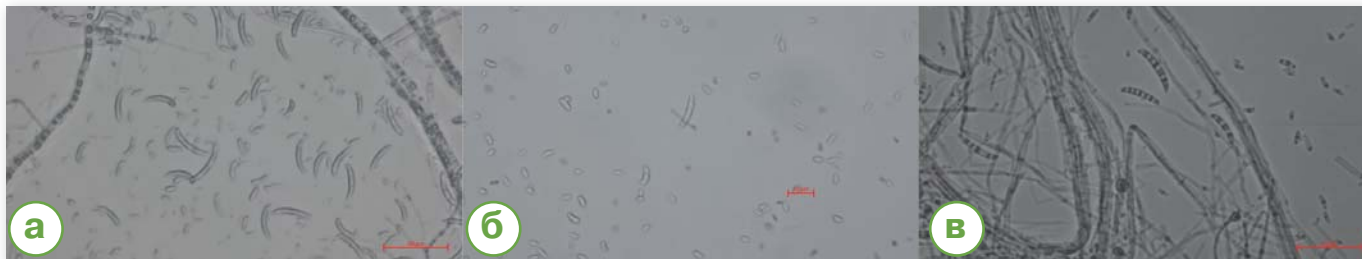


Рис. 4. Мицелий и конидии *F. oxysporum* (а), *F. proliferatum* (б), *F. solani* (в)

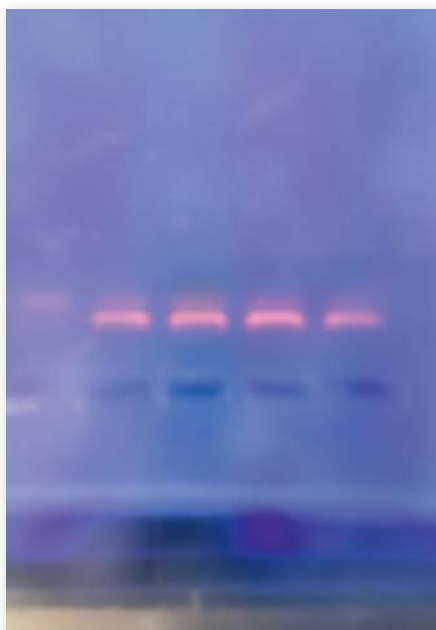


Рис. 5. Результаты электрофореза ПЦР в агарозном геле. Треки слева направо: контроль и четыре опытных образца

По результатам электрофореза ПЦР в агарозном геле установлено, что в продукте ПЦР есть искомые ДНК.

Секвенирование ампликонов и их анализ позволили определить три вида *Fusarium* sp., а именно: *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* (рис. 6).

Анализ происхождения фузариозной инфекции в клубнях картофеля. Фузариозная инфекция клубней картофеля – распространенная проблема, аутентичная или представляющая собой последствие заражения псевдогрибом *P. infestans*. Это патоген, который может нанести разрушительный ущерб посадкам картофеля, приводя к потере урожая и снижению качества. Он поражает стебель, листья и клубни растения и вызывает гниение. Однако поражения, вызванные фитофторой, также могут привести к заражению клубней фузариозом. Такие ситуации однозначно должны отслеживаться на значимых с.-х. культурах при проведении фитосанитарного мониторинга [10, 11].

Фузариумы – исходно почвенные грибы, которые поражают клубни картофельных растений. Они вырабатывают микотоксины, которые при попадании в организм могут вызвать серьезные последствия для здоровья животных и челове-

ка. Когда картофель заражается фитофторой, этот патоген ослабляет иммунную систему растения, делая его более восприимчивым к другим инфекциям. Фитофтора разрушает клеточные стенки клубней, создавая точки проникновения возбудителей фузариоза и других патогенных микроорганизмов.

Более того, *P. infestans* создает среду, благоприятную для роста, развития и размножения возбудителей фузариоза. Когда растение поражается фитофторой, клубни испытывают значительное снижение своих защитных механизмов, что приводит к ослабленному состоянию, что в конечном итоге облегчает проникновение спор возбудителей фузариоза. Первый преодоленный барьер – перидерма, или кожура картофеля. При этом propagулы фузариев попадают туда из внешней среды – из пораженных в поле растений, почвы, при хранении. Однако поверхностная стерилизация не искоренила эти propagулы, показав их способность к некоторому заглублению в более внутренние ткани. Propагулам фузариев нет необходимости продвигать-

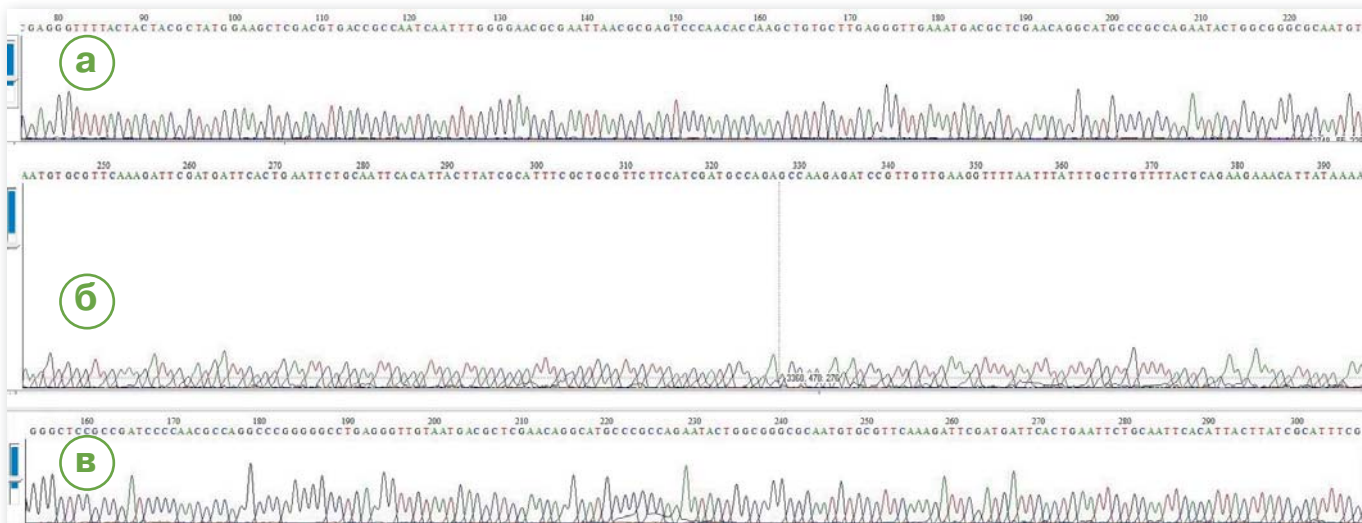


Рис. 6. Хроматограмма секвенирования образца *F. oxysporum* (а), *F. proliferatum* (б), *F. solani* (в)

ся дальше в глазки или сосудистое кольцо картофеля. Именно из перидермы и прилежащих тканевых слоев возбудители фузариоза клубней начинают активно развиваться и далее заражать все ткани клубней. Сочетание обоих патогенов (фитофторы и фузариев) может привести к значительным экономическим потерям для картофелеводов и, в частности, для производителей семенного картофеля.

Выводы

Фитофтора создает точки проникновения возбудителей фузариоза в клубнях картофеля. Локализация грибов рода *Fusarium* в исследованных клубнях после их поражения фитофторозом связана с перидермой клубней картофеля. Молекулярной идентификацией выявленных грибов рода *Fusarium* установлен комплекс трех видов: *F. oxysporum*, *F. proliferatum* и *F. solani*. Этот факт не-

обходимо учитывать при производстве и хранении продовольственного и семенного картофеля.

Благодарности. Авторы благодарны Ф. С.-У. Джалилову за помощь при выполнении работы.

Библиографический список

References

1. Некоторые ретроспективные и современные фитопатологические вызовы для картофелеводства / А.Н. Смирнов, Е.С. Приходько, О.Г. Смирнова, В.В. Васильченко, С.А. Кузнецов // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 2. С. 20–26.
2. Болезни картофеля: вызов – ответ / А.Н. Смирнов, В.В. Васильченко, Ф.Х. Аматаханова, Е.С. Приходько, О.Г. Смирнова, С.А. Кузнецов // Картофель и овощи. 2022. № 5. С. 26–29.
3. Прикладное значение определения репродуктивного потенциала и агрессивности грибных и псевдогрибных патогенов картофеля и томата / А.Н. Смирнов, Е.С. Приходько, В.В. Васильченко, В.П. Хохлов, А.А. Сухоруков, С.А. Кузнецов // Картофель и овощи. 2019. № 6. С. 18–23.
4. Смирнов А.Н., Кузнецов С.А. Определение стратегий размножения и жизнеспособности полевых популяций *Phytophthora infestans* // Защита и карантин растений. 2006. № 3. С. 20–23.
5. Приходько Е.С., Смирнов А.Н. Вредоносность патокомплекса *Fusarium – Alternaria* в посадках картофеля // Картофель и овощи. 2019. № 7. С. 14–15.
6. Смирнов А.Н., Васильченко В.В., Воробьева К.С. Бактерии в гифосфере *Phytophthora infestans* и *Alternaria alternata* на картофеле // Картофель и овощи. 2020. № 3. С. 24–27.
7. Динамика видового состава патогенов картофеля в Европейской части РФ / А.Н. Игнатов, Ю.С. Панычева, М.В. Воронина, Д.М. Васильев, Ф.С. Джалилов // Картофель и овощи. 2019. № 9. С. 28–32.
8. Атлас болезней, вредителей, сорняков картофеля и мероприятия по борьбе с ними / В.Н. Зейрук, С.В. Жевора, С.В. Васильева, Г.Л. Белов, В.И. Долженко, М.А. Кузнецова, Б.В. Анисимов, С.Н. Еланский. М.: ФГУП Изд-во “Наука”, 2020. 332 с.
9. Kusaba M., Tsuge T. Phylogeny of *Alternaria* fungi known to produce host-specific toxins on the basis of variation in internal transcribed spacers of ribosomal DNA // Curr. Genet. 1995. Vol. 28. Pp. 491–498.
10. Методы биотехнологии для ускорения селекции сафлора красильного на устойчивость к *Fusarium oxysporum* L. / Е.А. Калашникова, Р.Н. Киракосян, С.К. Темирбекова, О.О. Белашапкина, М.М. Тареева, Д.А. Постников // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 2. С. 44–48.
11. Фитосанитарный мониторинг производственных посевов зерновых культур в условиях ЦЧВ / О.А. Савоськина, С.И. Чебаненко, А.В. Шитикова, А.В. Константинович, И.А. Заверткин // АгроЭко Инфо. 2022. №6(54). С. 1–13.

1. Some retrospective and modern phytopathological challenges for potato growing. A.N. Smirnov, E.S. Prikhod'ko, O.G. Smirnova, V.V. Vasil'chenko, S.A. Kuznetsov. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. Vol. 36. No2. Pp. 20–26 (In Russ.).
2. Potato diseases: challenge – response. A.N. Smirnov, V.V. Vasil'chenko, F.Kh. Amatkhanova, E.S. Prikhod'ko, O.G. Smirnova, S.A. Kuznetsov. Potato and vegetables. 2022. No5. Pp. 26–29 (In Russ.).
3. The applied significance of determining the reproductive potential and aggressiveness of fungal and pseudogungal pathogens of potatoes and tomatoes. A.N. Smirnov, E.S. Prikhod'ko, V.V. Vasil'chenko, V.P. Khokhlov, A.A. Sukhorukov, S.A. Kuznetsov. Potato and vegetables. 2019. No6. Pp. 18–23 (In Russ.).
4. Smirnov A.N., Kuznetsov S.A. Determination of reproduction strategies and viability of *Phytophthora infestans* field populations. Plant protection and quarantine. 2006. No3. Pp. 20–23 (In Russ.).
5. Prikhodko E.S., Smirnov A.N. Harmfulness of the *Fusarium – Alternaria* pathocomplex in potato plantings. Potato and vegetables. 2019. No7. Pp. 14–15 (In Russ.).
6. Smirnov A.N., Vasilchenko V.V., Vorobyeva K.S. Bacteria in the hyphosphere of *Phytophthora infestans* and *Alternaria alternata* on potatoes. Potato and vegetables. 2020. No3. Pp. 24–27 (In Russ.).
7. Dynamics of the species composition of potato pathogens in the European part of the Russian Federation. A.N. Ignatov, Yu.S. Panycheva, M.V. Voronina, D.M. Vasil'ev, F.S. Dzhalilov. Potato and vegetables. 2019. No9. Pp. 28–32 (In Russ.).
8. Atlas of diseases, pests, potato weeds and measures to combat them. V. N. Zeiruk, S.V. Zhevora, S.V. Vasil'eva, G.L. Belov, V.I. Dolzhenko, M.A. Kuznetsova, B.V. Anisimov, S.N. Elanskii. Moscow: FSUE “Publishing House Nauka”. 2020. 332 p. (In Russ.).
9. Kusaba M., Tsuge T. Phylogeny of *Alternaria* fungi known to produce host-specific toxins on the basis of variation in internal transcribed spacers of ribosomal DNA. Curr. Genet. 1995. Vol. 28. Pp. 491–498.
10. Methods of biotechnology for accelerating the selection of safflower dye for resistance to *Fusarium oxysporum* L. E.A. Kalashnikova, R.N. Kirakosyan, S.K. Temirbekova, O.O. Beloshapkina, M.M. Tareeva, D.A. Postnikov. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2019. No2. Pp. 44–48 (In Russ.).
11. Phytosanitary monitoring of production crops of grain crops in the conditions of the Central Forest. O.A. Savos'kina, S.I. Chebanenko, A.V. Shitikova, A.V. Konstantinovich, I.A. Zavertkin. AgroEco Info. 2022. No6(54). Pp. 1–13 (In Russ.).

Об авторах

Author details

Тучков Иван Валерьевич, студент 4-го курса кафедры защиты растений. E-mail: tuchkov_2002@mail.ru
 Чудосветова Дарья Юрьевна, студентка 4-го курса кафедры защиты растений. E-mail: chudosvetova@gmail.com
 Тараканов Рашит Исламович, аспирант кафедры защиты растений. E-mail: tarakanov.rashit@mail.ru
 Смирнов Алексей Николаевич, доктор биол. наук, профессор кафедры защиты растений. E-mail: asmirnov@rgau-msha.ru
 РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Tuchkov I.V., student of the Department of plant protection. E-mail: tuchkov_2002@mail.ru
 Chudosvetova D.Yu., student of the Department of plant protection. E-mail: chudosvetova@gmail.com
 Tarakanov R.I., post-graduate student of the Department of plant protection. E-mail: tarakanov.rashit@mail.ru
 Smirnov A.N., D.Sci. (Biol.), professor of the Department of plant protection. E-mail: asmirnov@rgau-msha.ru
 Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy