

Текст: непосредственный // Сельскохозяйственная биология. Серия: Биология растений. – 2005. – № 3. – С. 106-112.

4. Шишкина, Е. В. Сорты многолетних видов луковых культур, адаптированные к условиям юга Западной Сибири / Е. В. Шишкина, С. В. Жаркова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 9 (179). – С. 32-41.

5. Перспективные образцы батуна для юга Западной Сибири / Е. В. Шишкина, С. В. Жаркова, О. В. Малыгина, В. И. Леунов. – Текст: непосредственный // Картофель и овощи. – 2018. – № 12. – С. 35

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Колос, 1979. – 416 с. – Текст: непосредственный.

7. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 648 с. – Текст: непосредственный.

#### References

1. Sukhorukova G.I. Osobennosti biologii i agrotehniki luka batuna na zelen v usloviakh srednego Urala (v otkrytom grunte i pri primenenii

vremennykh plenchnykh ukrytii / Sukhorukova G.I. // avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk. – Moskva, 1973. – 28 s.

2. Ivanova M.I., Bukharov A.F., Kashleva A.I., Baleev D.N. Kompleks priznakov luka batuna v odnoletnei kulture // Ovoshchi Rossii. – 2015. – No. 2 (27). – S. 36-39.

3. Agafonov A.F. Bioraznობრძიე რძიე Allium L. i ego ispolzovanie v selektsii. Rezultaty i perspektivy // Selskokhoziaistvennaia biologii. Ser. Biologii rastenii. – 2005. – No. 3. – S. 106-112.

4. Shishkina E.V. Sorta mnogoletnikh vidov lukovykh kultur adaptirovannye k usloviyam iuga Zapadnoi Sibiri / E.V. Shishkina, S.V. Zharkova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 9 (179). – S. 32-41

5. Shishkina E.V. Perspektivnye obraztsy batuna dlia iuga Zapadnoi Sibiri / E.V. Shishkina, S.V. Zharkova, O.V. Malykhina, V.I. Leunov // Kartofel i ovoshchi. – 2018. – No. 12. – S. 35.

6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – Moskva: Kolos, 1979. – 416 s.

7. Litvinov S.S. Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve. – Moskva: VNIIO, 2011. – 648 s.



УДК 632.4.01/08

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-212-6-36-42

Л.М. Соколова

L.M. Sokolova

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННОГО САПРОТРОФА ФУЗАРИУМ, АССОЦИИРОВАННОЕ С ЗОНОЙ ВЫРАЩИВАНИЯ DAUCUS CAROTA SUBSP. SATIVUS

### DETERMINATION OF THE SPECIES DIVERSITY OF THE SOIL SAPROTROPH FUSARIUM ASSOCIATED WITH THE GROWING AREA OF DAUCUS CAROTA SUBSP. SATIVUS

**Ключевые слова:** ризосфера, почва, патогены, идентификация, ПЦР, *Fusarium*, частота встречаемости.

Грибы из рода *Fusarium* широко распространены в природе и встречаются повсеместно. Представители данного рода – почвенные сапротрофы, обитающие на мертвых растительных остатках, в ризосфере растений, на поверхности корней. Они вызывают гниль корней, семян, плодов, клубней, корнеплодов. В настоящее время наряду с традиционной визуальной диагностикой патогенов необходимо использовать и ПЦР-анализ. Этот метод позволяет быстро и точно определять таксономическую принадлежность. При анализе образцов почвы главная задача – выделение ДНК из различных микроорганизмов, находящихся в почвен-

ном образце, а затем специфичное обнаружение и мониторинг интересующего фитопатогена. Цель: определить *in vitro* оптимальные условия для получения спороносящего мицелия из почвенной ризосферы; изучить видовой состав и частоту встречаемости почвенных грибных организмов, в зависимости от региона происхождения. В результате проведенных исследований по получению спороносящего мицелия выявлены два оптимальных метода: нанесение 50 мкл суспензии микродозатором на питательную среду Чапека с последующим распределением по поверхности среды шпатель Дригальского и метод предметного стекла. Определены наиболее пораженные слои ризосферы патогенным грибом рода *Fusarium* – это 10, 15 и 20 см. С помощью ПЦР-анализа выявлены виды рода *Fusarium* из ризосферы трех эколого-географических зон возде-

лывания моркови столовой, определена частота их встречаемости. Так, встречаемость *Fusarium oxysporum* на полях Московской и Ростовской областей составила 16,7%; *Fusarium sporotrichioides* – Московская область – 15,2%; *Fusarium culmorum* – Ростовская и Воронежская области – 10,1%; *Fusarium poae* – Московская и Воронежская области – 10,2%. Также определена частота встречаемости и других патогенов, которые присутствуют в почве во всех трех регионах: *Aspergillus* – 13,6%; *Penicillium* – 6,1; *Mucor* – 3,6; *Alternaria sp.* – 10,0%.

**Keywords:** rhizosphere, soil, pathogens, identification, polymerase chain reaction (PCR), *Fusarium*, frequency of occurrence.

Fungi from the genus *Fusarium* are widely distributed in nature and are found everywhere. The representatives of this genus are soil saprotrophs that live on dead plant remains, in the rhizosphere of plants, on the surface of roots. They cause rots of roots, seeds, fruits, tubers, and root crops. Currently, along with the traditional visual diagnosis of pathogens, PCR analysis should be used. This test enables quick and accurate determination of the taxonomic affiliation. When testing soil samples, the main task is to isolate DNA from various microorganisms in the soil sam-

ple, and then, specific detection and monitoring of the phytopathogen of interest. The research goal was to determine *in vitro* optimal conditions for obtaining spore-bearing mycelium from the soil rhizosphere and to study the species composition and frequency of occurrence of soil fungal organisms depending on the region of origin. The studies to obtain spore-bearing mycelium identified two optimal techniques: the application of 50 µL of suspension with a microdoser on Czapek's medium with subsequent distribution over the surface of the medium with Drigalski spatula, and the glass slide technique. The layers of the rhizosphere most affected by a pathogenic fungus of the genus *Fusarium* were identified: 10, 15 and 20 cm. By using PCR test, the species of the genus *Fusarium* from the rhizosphere of three ecological and geographical zones of garden carrot cultivation were identified and the frequency of their occurrence was determined. *Fusarium oxysporum* occurrence in the fields of the Moscow and Rostov Regions was 16.7%; *Fusarium sporotrichioides* - Moscow Region, 15.2%; *Fusarium culmorum* - Rostov and Voronezh Regions, 10.1%; *Fusarium poae* - Moscow and Voronezh Regions, 10.2%. The frequency of occurrence of other pathogens present in the soil in all three regions was also determined: *Aspergillus* - occurrence of 13.6%; *Penicillium* - 6.1%; *Mucor* - 3.6%; *Alternaria sp.* - 10.0%.

**Соколова Любовь Михайловна**, к.с.-х.н., вед. науч. сотр., Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал, ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Московская обл., Российская Федерация, e-mail: lsokolova74@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>.

**Sokolova Lyubov Mikhaylovna**, Cand. Agr. Sci., Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production – Branch, Federal Scientific Center of Vegetable Crop Production, Moscow Region, Russian Federation, e-mail: lsokolova74@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>.

### Введение

Практически все сельскохозяйственные культуры подвержены поражению патогенными грибными болезнями, агрессивность которых меняется в зависимости от погодных условий, сезонных изменений, применяемой технологии выращивания, толерантности растений и других факторов [1-3]. Грибы из рода *Fusarium* широко распространены в природе и встречаются повсеместно. Представители данного рода – почвенные сапротрофы, обитающие на мертвых растительных остатках, в ризосфере растений, на поверхности корней. Они вызывают гниль корней, семян, плодов, клубней, корнеплодов [4, 5].

В настоящее время наряду с традиционной фитопатологической диагностикой необходимо использовать серологические методы: иммуноферментный анализ, иммуноблоттинг, дот-блотгибридизация, иммунохроматография [6], серологически специфичная электронная микроскопия [7].

Методы, использующие ДНК, включают флуоресцентную гибридизацию *in situ* [8], различные варианты полимеразной цепной реакции (ПЦР). Эти методы позволяют быстро и точно детектировать патоген и определять его таксономическую принадлежность. При анализе образцов почвы главной задачей является выделение ДНК из различных микроорганизмов, находящихся в почвенном образце, а затем специфичное обнаружение и мониторинг интересующего фитопатогена [9].

Кроме того, хорошим и надёжным способом контроля прохождения ПЦР является использование внутреннего контроля. Подобный подход используется в мультиплексном [10], параллельном или методом добавления экзогенной ДНК и соответствующих праймеров для нее в каждую реакцию [11].

Исходя из вышеизложенного, целью исследований было определить *in vitro* оптимальные условия для получения спороносящего мицелия из почвенной ризосферы; изучить видовой со-

став и частоту встречаемости почвенных грибных организмов, в зависимости от региона происхождения.

### Объекты исследований

Почвенные пробы, взятые с разных слоев залегания: 0, 5, 10, 15 и 20 см; мицелий гриба рода *Fusarium*, выделенный из почвенной ризосферы; моноспорная культура, выделенная из спорносящего мицелия.

### Методика исследований

Исследования проводились во ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО с 2014 по 2017 г. Отбор проб почвенной ризосферы проводили во ВНИИ Овощеводства (Московская область), на Воронежской овощной опытной станции (Воронежская область), а также на Бирючукской овощной опытной станции (Ростовская область).

**Выемка почвенных проб.** Перед взятием проб выкапывалась ямка глубиной 30 см (на 2 штыка лопаты) в нее ставилась линейка. Лабораторной лопаткой с каждого слоя отбиралось по 20 г почвы. Выемка почвенных образцы осуществлялась рендомизированно с 0, 5, 10, 15 и 20 см.

На первом этапе работы нужно было подобрать оптимальные способы получения спорносящего мицелия из почвы.

**Метод приготовления суспензии.** В лабораторный стакан наливаем 20 мл стерильной дистиллированной воды. Навеску 1 г почвы помещаем в стакан и встряхиваем на качалке в течение 15 мин., после чего процеживаем суспензию через 3 слоя фильтровальной бумаги [12, 13].

Способы нанесения суспензии на питательную среду:

1) микродозатором набираем 50 мкл (микродозатором) суспензии и вливаем в чашку Петри. Нанесенную жидкость распределяем по поверхности питательной среды шпателем Дригальского;

2) медицинской пипеткой набираем суспензию и капаем 1 каплю на поверхность среды и шпателем Дригальского распределяем по всей поверхности;

3) бактериальную петлю (у нас диаметр петли 3 мм) опускаем в суспензию и методом штриха наносим на питательную среду (в наших исследованиях мы делали два опускания бактериальной петли в суспензию с последующим рас-

пределением по поверхности питательной среды);

4) метод предметного стекла. В стерильную чашку Петри без среды помещаем 1 г измельченной почвы, увлажняем водой в объеме 0,5-0,7 мл и накладываем на субстрат предметное стекло.

Заложенные опыты в *in vitro* размещаем в термостате при температуре 25°C. На пятые сутки делаем учет проявления мицелия.

Микроскопирование выросшего мицелия проводили микроскопом «Биомет-6» при увеличении 40/0.65 (160/0.17). Идентификацию проводили по «Определителю патогенных и условно патогенных грибов», 2001 [14].

**Выделение моноспорной культуры.** Материалом для выделения моноспорной культуры служит 20-суточная чистая культура патогенов [15].

**Микросателлитный анализ.** В работе использовались 8 микросателлитных маркеров. Праймеры синтезированы в ЗАО «Синтол». Программа амплификатора при ПЦР-анализе: при температуре 94°C – 5 мин. необходимо 35 циклов (92°C – 30 с, Тотж °C – 30 с (ожидание), 72°C – 1 мин.), 72°C – 30 мин., хранение после цикла амплификации – 4°C [16].

### Результаты исследований

В ходе проведенных опытов в *in vitro* по способу нанесения суспензии на питательную среду нами выявлены оптимальные способы: 50 мкл суспензии с последующим распределением по поверхности шпателем Дригальского, и метод предметного стекла. Обильное образование мицелия в данных вариантах наблюдалось на 5-е сут. от момента закладки опыта. В остальных вариантах мицелий развивался слабо и неравномерно. Наибольшее количество уникальных колоний мицелиев было в вариантах проб почвы с глубины залегания 10, 15 и 20 см.

После микроскопирования выросшего разнообразного мицелия были сделаны пересевы до получения чистых культур колоний. В результате сформирована «палитра» уникальных почвенных мицелиев из трех зон возделывания моркови столовой. На рисунке 1 показана «палитра» почвенных патогенов.

В данной «палитре» присутствуют патогены рода *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Alternaria sp.* и др.

Для идентификации видовой принадлежности фитопатогенных грибов рода *Fusarium* из чистой культуры мы выделили моноспоровую культуру, используемую в ПЦР-анализе, который проводили в РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева.

В таблице 1 представлены фрагменты и определяемые виды грибов рода *Fusarium*.

В результате анализа были получены следующие результаты, фрагменты которых представлены на рисунках 2-5.

На рисунке 2 представлен ПЦР по определению вида *Fusarium roae*. Данный вид выделился в образцах почвы из Московской области – 4, 5 м.

На рисунке 3 вид *F. sporotrichioides* выделился только у одного образца – 124 из Московской области.

На рисунке 4 электрофоретического разделения продуктов ПЦР был определен вида *Fusarium oxysporum* в образцах 6 и 7 из Ростовской области.

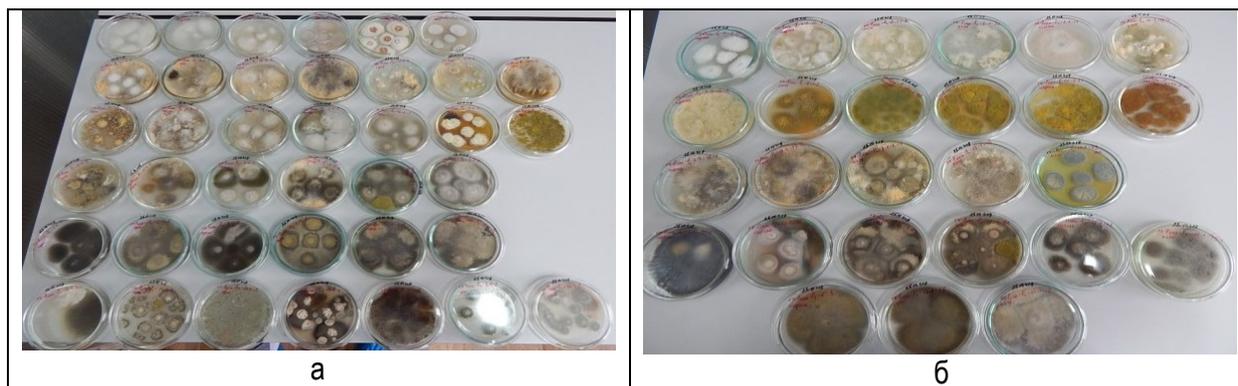


Рис. 1. Палитра уникальных колоний, полученных: а – в Московской области; б – в Ростовской области

Таблица 1

Фрагменты определения видов *Fusarium*

Фрагменты		Определяемый вид	Программа амплификатора	Размер целевого ПЦР-продукта, п.н.
прямой	обратный			
IGS	CNL12	<i>F. roae</i>	ITS	306
FSPO, f	FSPO, r	<i>F. sporotrichioides</i>	ITS	300
FuzOxF	FuzOxR	<i>F. oxysporum</i>	ITS	520
Fc01 f	Fc01 r	<i>F. culmorum</i>	ITS60	300

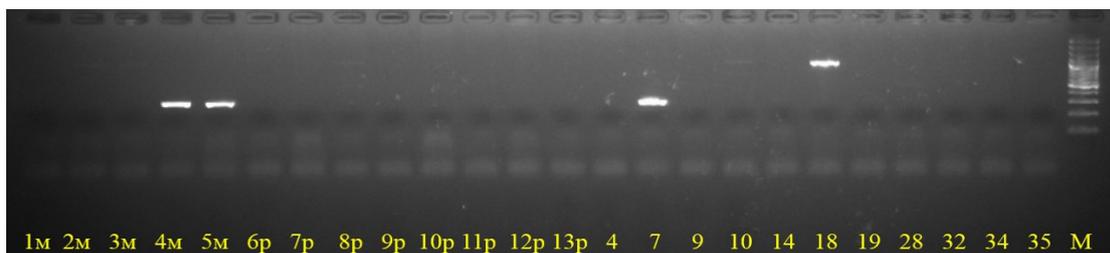


Рис. 2. Разделение продуктов ПЦР для вида *Fusarium roae* (IGS/CNL12): P – Ростов; M – Москва; без аббревиатуры – Воронеж

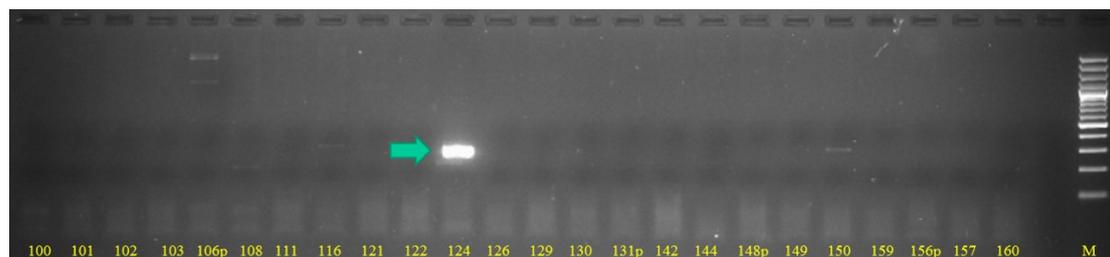


Рис. 3. Разделение продуктов ПЦР для вида *Fusarium sporotrichioides* (*FsporF1/lanspoR1*)



Рис. 4. Разделение продуктов ПЦР для вида *Fusarium oxysporum* (FuzOxF/FuzOxR)

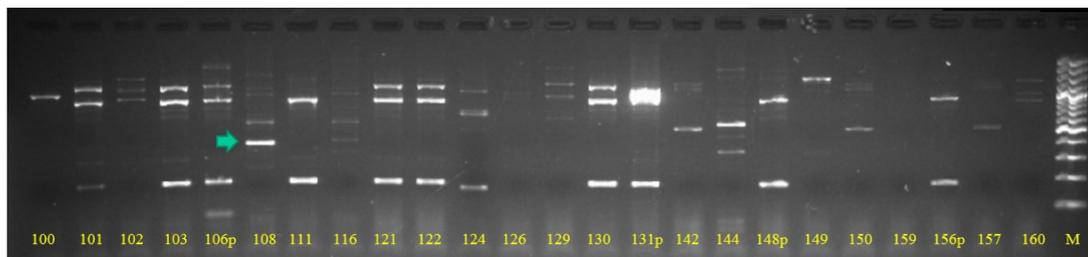


Рис. 5. Разделение продуктов ПЦР для вида *Fusarium culmorum* (Fc01f/Fc01r)

*Fusarium culmorum* (рис. 5) выделен только с одного образца – 108 Воронежская область.

В ходе наших исследований была составлена таблица по видовому составу и частоте встречаемости *Fusarium* и других патогенов (табл. 2).

*Fusarium oxysporum* в Московской и Ростовской областях с частотой встречаемости его в почве 16,7% характеризуется белым пушистым мицелием; *F. sporotrichioides* в Московской об-

ласти – 15,2%, имеет бело-серый цвет мицелия; *F. culmorum* в Ростовской и Воронежской областях – 10,1%, бело-желтый мицелий; *F. roae* – в Московской и Воронежской областях – 10,2% характеризуется как белый, но имеет слегка розоватый оттенок мицелия.

Также в ходе исследований нами были выделены *Aspergillus* – встречаемость 13,6%; *Penicillium* – 6,1%; *Mucor* – 3,6%; *Alternaria sp.* – 10,0%.

Таблица 2

Видовой состав и частота встречаемости эпифитных микромицетов из ризосферы

Вид	Московская область (поля ВНИИО)	Ростовская область (Бирючукская ООС)	Воронежская область (Воронежская ООС)	Окраска мицелия	Частота встречаемости, %
<i>Fusarium oxysporum</i>	+	+	-	Белая	16,7
<i>F. sporotrichioides</i>	+	-	-	Бело-серая	15,2
<i>F. culmorum</i>	-	+	+	Бело-желтый	10,1
<i>F. roae</i>	+	-	+	Белый с розовым оттенком	10,2
<i>Aspergillus sp.</i>	+	+	+	Светло-зеленая с различными оттенками	13,6
<i>Penicillium sp</i>	+	+	+	Светло-зеленая с серым оттенком	6,1
<i>Mucor</i>	+	+	+	Бело-серый	3,6
<i>Alternaria sp.</i>	+	+	+	Оливково-черная	10,0

### Заключение

Проведенные исследования по способу нанесения суспензии на питательную среду Чапека позволили выделить оптимальную дозировку – 50 мкл с последующим распределением

по поверхности среды шпателем Дригальского. Данный способ способствует равномерному росту мицелия, результат на 15-е сут. Хорошие результаты по наращиванию мицелия дает метод предметного стекла. В данном варианте от-

мечаются рост мицелия (если считать от начала закладки 10 сут.). Определены наиболее пораженные слои ризосферы патогенным грибом рода *Fusarium* – 10, 15 и 20 см.

С помощью ПЦР-анализа определены виды патогенного гриба рода *Fusarium*, выделенного из ризосферы разной удаленности эколого-географических зон произрастания моркови столовой и определена частота их встречаемости. Так, частота встречаемости *Fusarium oxysporum* на полях Московской и Ростовской областей составляет 16,7%; *Fusarium sporotrichioides* – Московская область – 15,2%; *Fusarium culmorum* – Ростовская и Воронежская область – 10,1%; *Fusarium roseae* – Московская и Воронежская область – 10,2%. Также определена частота встречаемости и других патогенов, которые присутствуют в почве во всех трех регионах: *Aspergillus* – встречаемость – 13,6%; *Penicillium* – 6,1%; *Mucor* – 3,6%; *Alternaria sp.* – 10,0%.

На основании данных была составлена «палитра» с фотографиями мицелиев доминирующих фитопатогенных грибов, выделяющихся из почвы мест произрастания моркови столовой.

#### Библиографический список

1. Защита растений от болезней / В. А. Шкаликов, О. О. Белошапкина, Д. Д. Букреев [и др.]. – Москва: Колос, 2010. – 404 с.
2. Соколова, Л. М. Характеристика изолятов *Alternaria* и *Fusarium*, выделенных с моркови столовой разных эколого-географических зон / Л. М. Соколова. – Текст: непосредственный // Овощи России. – 2016. – № 3 (32). – С. 84-91.
3. Leunov, V., Sokolova, L., Beloshapkina, O., Khovrin, A. (2021). Resistance of carrots to *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.* and factors influencing it. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 624. 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012010.
4. Соколова, Л. М. Анализ видового разнообразия грибов из рода *Fusarium* / Л. М. Соколова. – Текст: непосредственный // Аграрная наука. – 2019. – № S1. – С. 118-122. – DOI 10.32634/0869-8155-2019-326-1-118-122.
5. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений / П. А. Назаров, Д. Н. Балеев, М. И. Иванова. – Текст: непосредственный // Acta Naturae (русскаяязычная версия). – 2020. Т. 2, № 3 (46). – С. 46-59. – DOI 10.32607/acranaturae.11026.
6. Martinelli, F., Scalenghe, R., Davino, S. et al. (2015). Advanced methods of plant disease detection. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0246-1>.
7. Derrick, K.S. (1973). Quantitative assay for plant viruses using serologically specific electron microscopy, *Virology*. 56: 652.
8. Salgado-Salazar, C., Bauchan, G.R., Wallace, E.C., et al. (2018). Visualization of the impatiens downy mildew pathogen using fluorescence in situ hybridization (FISH). *Plant Methods*. 14, 92. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0362-z>.
9. Anderson, I.C., Cairney, J.W. (2004). Diversity and ecology of soil fungal communities: increased understanding through the application of molecular techniques. *Environmental microbiology*, 6 (8), 769–779. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00675.x>
10. Bilodeau, G., Pelletier, G., Pelletier, F., et al. (2009). Multiplex real-time polymerase chain reaction (PCR) for detection of *Phytophthora ramorum*, the causal agent of sudden oak death. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 31. 195-210. DOI: 10.1080/07060660909507593.
11. Cruz-Perez, P., Buttner, M. P., Stetzenbach, L. D. (2001). Detection and quantitation of *Aspergillus fumigatus* in pure culture using polymerase chain reaction. *Molecular and Cellular Probes*, 15 (2), 81–88. <https://doi.org/10.1006/mcpr.2000.0343>.
12. Поликсенова, В. Д. Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология». Методы экспериментального изучения микроскопических грибов / В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов, С. Г. Пискун. – Минск: БГУ, 2004. – 36 с.
13. Соколова, Л. М. Система селекционно-иммунологических методов создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria sp.* и *Fusarium sp.* с комплексом хозяйственно-ценных признаков: диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Соколова Любовь Михайловна. – Москва, 2020. – 322 с. – Текст: непосредственный.
14. Саттон, Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди; перевод с английского. – Москва: Мир, 2001. – 486 с. – Текст: непосредственный.

15. Егорова, А. А. Получение моноспоровой культуры р. *Fusarium* на моркови столовой *Daucus carota* L. / А.А. Егорова, Л. М. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 9 (155). – С. 115-119.

16. Сравнительный анализ полиморфизма микросателлитных маркеров у ряда видов рода *Fusarium* / А. Н. Семенов, М. Г. Дивашчук, М. С. Баженов. – Текст: непосредственный // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1. – С. 40-50.

### References

1. Shkalikov V.A., Beloshapkina O.O., Bukrev D.D., Gorbachev I.V., Dzhaliilov F.S.-U., Korsak I.V., Minaev V.Iu., Stroikov Iu.M. Zashchita rastenii ot boleznei. Moskva: Kolos, 2010. 404 s.

2. Sokolova L.M. Kharakteristika izoliatov *Alternaria* i *Fusarium*, vydelennykh s morkovi stolovoi raznykh ekologo-geograficheskikh zon // Ovoshchi Rossii. 2016. No. 3 (32). 2016. S. 84-91.

3. Leunov, V., Sokolova, L., Beloshapkina, O., Khovrin, A. (2021). Resistance of carrots to *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. and factors influencing it. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 624. 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012010.

4. Sokolova L.M. Analiz vidovogo raznoobraziaa gribov iz roda *Fusarium*. Agrarnaia nauka. 2019. No. S1. S.118-122. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-118-122.

5. Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Karakozova M.V. Infektsionnye bolezni rastenii: etiologiya, sovremennoe sostoianie, problemy i perspektivy zashchity rastenii. *Acta Naturae (russkoiazychnaia versia)*. 2020. T. 2. No. 3 (46). S. 46-59. DOI:10.32607/acranaturae.11026.

6. Martinelli, F., Scalenghe, R., Davino, S. et al. (2015). Advanced methods of plant disease detection. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0246-1>.

7. Derrick, K.S. (1973). Quantitative assay for plant viruses using serologically specific electron microscopy, *Virology*. 56: 652.

8. Salgado-Salazar, C., Bauchan, G.R., Wallace, E.C., et al. (2018). Visualization of the impatiens downy mildew pathogen using fluorescence in situ hybridization (FISH). *Plant Methods*. 14, 92. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0362-z>.

9. Anderson, I.C., Cairney, J.W. (2004). Diversity and ecology of soil fungal communities: increased understanding through the application of molecular techniques. *Environmental microbiology*, 6 (8), 769–779. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00675.x>

10. Bilodeau, G., Pelletier, G., Pelletier, F., et al. (2009). Multiplex real-time polymerase chain reaction (PCR) for detection of *Phytophthora ramorum*, the causal agent of sudden oak death. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 31. 195-210. DOI: 10.1080/07060660909507593.

11. Cruz-Perez, P., Buttner, M. P., Stetzenbach, L. D. (2001). Detection and quantitation of *Aspergillus fumigatus* in pure culture using polymerase chain reaction. *Molecular and Cellular Probes*, 15 (2), 81–88. <https://doi.org/10.1006/mcpr.2000.0343>.

12. Poliksenova, V.D., Khramtsov A.K., Piskun S.G. Metodicheskie ukazaniia k zaniatiiam spetspraktikuma po razdelu «Mikologiya». Metody ekperimentalnogo izucheniia mikroskopicheskikh gribov. Minsk, BGU. 2004. 36 s.

13. Sokolova L.M. Sistema selektsionno-immunologicheskikh metodov sozdaniia sortov i gibrinov morkovi stolovoi s gruppovoi ustoiчивostiю k *Alternaria* sp. i *Fusarium* sp. s kompleksom khoziaistvenno tsennykh priznakov. diss...d.s.-kh.n. 2020.

14. Satton D., Fotergill A., Rinaldi M. Opredelitel patogennykh i uslovno patogennykh gribov. Per. s angl. – Moskva: Mir, 2001. – 486 s.

15. Egorova, A.A., Sokolova L.M. Poluchenie monosporovoi kultury r. *Fusarium* na morkovi stolovoi *Daucus carota* L. // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 9 (155). S. 115-119.

16. Semenov A.N., Divashchuk M.G., Bazhenov M.S., Karlov G.I., Leunov V.I., Khovrin A.N., Egorova A.A., Sokolova L.M., Tereshonkova T.A., Alekseeva K.L., Leunova V.M. Sravnitelnyi analiz polimorfizma mikrosatellitnykh markerov u riada vidov roda *Fusarium* // Izvestiia Timiriazevskoi selskokhoziaistvennoi akademii. 2016. No. 1. S. 40-50.

**Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы: «Поиск, идентификация и создание генетических источников и доноров ценных признаков с использованием традиционных, фитопатологических, биотехнологических методов».**