

СИСТЕМНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ *ALTERNARIA* SP. И *FUSARIUM* SP.

Л.М. Соколова, доктор сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верея Московской обл., Россия

E mail: lsokolova74@mail.ru

Ключевые слова: *Fusarium* и *Alternaria*, фитопатологические методы, селекция, система, схема.

Реферат. К аскомикотам относят примерно 6400 родов, включающих более 64000 видов. Значительная часть аскомицетов – сапротрофы, лидирующее место принадлежит грибам родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. *Alternaria* – очень агрессивный патогенный род, который вызывает болезни у большого количества экономически важных культур. Во всем мире были идентифицированы 300 видов рода *Alternaria*, включая *A. dauci*, *A. radicina*, *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. brassicicola* и *A. solani*. Потери урожая от рода *Alternaria* могут достигать от 40 до 90%. У растений поражаются листья, черешки и стебли. Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на большинстве сельскохозяйственно-значимых культур. Наиболее распространенными являются: *F. oxysporum*, вызывающий болезни увядания и поражающий сосудистую систему растений; *F. avenaceum* – широко распространенный вид и *F. poae*, относящийся к секции *Sporotrichiella* Wollenw. Фузариоз – распространенная и опасная грибковая болезнь. Растения поражаются в любом возрасте. Гриб находится в почве и проникает в растение через корни и ранки. У молодых растений заболевание проявляется в виде загнивания корней и корневой шейки. Целью наших исследований был мониторинг, идентификация патогенных грибов родов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. и разработка схемы поэтапного включения фитопатологических методов в селекционный процесс. С использованием фитопатологических методов выделения возбудителей альтернариоза и фузариоза из разных органов растений и почвы создана коллекция наиболее агрессивных патогенов родов *Fusarium* и *Alternaria*. Проведенные сравнительные анализы информативности различных методов иммунологической оценки устойчивости в зависимости от рода возбудителя позволили разработать и апробировать схему последовательного включения в селекционный процесс различных методов, которые применимы на разных стадиях развития растений с целью повышения эффективности отбора на групповую устойчивость к *Fusarium* и *Alternaria*. Применяемая селекционно-иммунологическая система позволила создать новые толерантные гибриды, а кроме того, из различных линий, сортопопуляций был получен ценный исходный материал, обладающий комплексной устойчивостью к *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum*.

SYSTEMIC APPLICATION OF THE IMMUNOLOGICAL SCHEME FOR THE DIAGNOSIS OF *ALTERNARIA* SP. AND *FUSARIUM* SP.

L. M. Sokolova

¹All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production – Branch, Federal Scientific Center of Vegetable Crop Production, d. Vereya, Moscow region, Russia.

E mail: lsokolova74@mail.ru.

Keywords: *Fusarium* and *Alternaria*, phytopathological methods, selection, system, scheme. selection, system, scheme.

Summary. About 6400 genera, including more than 64000 species, belong to ascomycetes. A significant part of ascomycetes are saprotrophs, the leading place belongs to the fungi pp. *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. *Alternaria* species are a very aggressive pathogenic genus that causes diseases in a large number of economically important crops. 300 species of the genus *Alternaria* have been identified worldwide, including *A. dauci*, *A. radicina*, *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. brassicicola* and *A. solani*. Crop losses from the genus *Alternaria* can reach from 40 to 90%. Leaves, petioles and stems are affected. The genus *Fusarium* includes a number of species that are the causes of various diseases on most agriculturally significant crops. The most common are: *F. oxysporum*, causing wilting diseases and affecting the vascular system of plants. *F. avenaceum* is a widespread species, and *F. poae* belongs to the section *Sporotrichiella* Wollenw. *Fusarium* is a common and dangerous fungal disease.

Plants are affected at any age. The fungus is located in the soil and penetrates into the plant through the soil and wounds. In young plants, the disease manifests itself in the form of rotting of the roots and root neck. Based on the above pathogenesis, the purpose of our research was to monitor, identify pathogenic fungi pp. *Fusarium* sp. and *Alternaria* spp and develop a scheme with the gradual inclusion of phytopathological methods in the breeding process. Thus, using phytopathological methods of isolating pathogens of alternariasis and fusariasis from different organs of plants and soil, a collection of the most aggressive pathogens pp. *Fusarium* and *Alternaria* has been created. Comparative analyses of the informativeness of various methods of immunological assessment of resistance depending on the type of pathogen allowed us to develop and test a scheme for the sequential inclusion in the selection process of various methods that are applicable at different stages of plant development in order to increase the effectiveness of selection for group resistance to pathogens pp. *Fusarium* and *Alternaria*. The applied selection and immunological system of methods made it possible to create new tolerant hybrids, as well as valuable starting material with complex resistance to *A. radicina*, *A. dauci* and *F. oxysporum* was obtained from various lines and variety populations.

К аскомикотам относят примерно 6400 родов, включающих более 64000 видов [1]. Значительная часть аскомицетов – сапротрофы. В то же время среди них немало паразитов растений, включая возбудителей весьма тяжёлых болезней растений [2] – парши яблоки, плодовой гнили, мучнистой росы, серой гнили. Лидирующее место принадлежит грибам родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. [3].

Alternaria – очень агрессивный патогенный род, который вызывает болезни у большого количества экономически важных культур: свеклы, лука, моркови, томата, зеленных, плодовых цитрусовых, клубники, табака, и т. д. [4]. Приблизительно 300 видов рода *Alternaria* были идентифицированы во всем мире, включая *Alternaria dauci*, *A. radicina*, *A. alternata*, *A. arborescense*, *A. brassicicola* и *A. solani* [5]. Род *Alternaria* вызывает заболевания почти у 400 видов растений. В числе наиболее агрессивных – *A. alternata* и *A. dauci*, поражающие почти 100 видов растений. Одна из причин высокой патогенности этого рода – выработка фитотоксинов [6].

Потери урожая от рода *Alternaria* могут достигать от 40 до 90%. Поражаются листья, черешки и стебли. На листьях появляются коричневые пятна, окруженные темным ободком или без него. Кончики листьев отмирают. На черешках и стеблях пятна имеют вид бурых точек и штрихов. При сильном поражении листья закручиваются и засыхают, растение приобретает обваренный вид [7].

Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на большинстве сельскохозяйственно-значимых культур, таких как злаковые, овощные и др. Одними из самых важных в этом плане видов являются *F. oxysporum*, *F. avenaceum* и *F. roae*. Наиболее распространенными являются грибы вида *F. oxysporum*, вызывающие болезни увядания и поражающие сосудистую систему растений [8]. *F. avenaceum* – широко

распространенный вид, который может существовать в том числе как сапротит. *F. roae* относится к секции *Sporotrichiella* Wollenw [9].

Комплекс видов *Fusarium* включает в себя множество штаммов, вызывающих сосудистое увядание экономически важных культур во всем мире. Фузариоз – распространенная и опасная грибковая болезнь. Растения поражаются в любом возрасте. Гриб находится в почве и проникает в растение через корни и ранки. У молодых растений заболевание проявляется в виде загнивания корней и корневой шейки. В этих местах ткани буреют, стебель становится тоньше, листья желтеют. Вскоре все растение вянет и гибнет. Заболевание в основном распространяется очагами. Сильнее всего восприимчивы к болезни ослабленные растения [10].

Устойчивость к вредоносным болезням при накоплении огромного числа патогенов – одна из важнейших проблем в селекции овощных культур. Большое число патогенов и высокая восприимчивость к ним приводят к существенному снижению урожайности и качества продукции. Поэтому необходимо проводить постоянный мониторинг и идентификацию штаммов местных возбудителей болезней, а также подбирать исходные формы с повышенной устойчивостью к комплексу болезней [11, 12].

Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований было провести мониторинг, идентификацию патогенных грибов родов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. на овощных культурах и разработать схему поэтапного включения фитопатологических методов в селекционный процесс.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фитопатологический мониторинг патогенных грибов родов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp., а также отбор материала с признаками поражения осуществляли на полях селекционного севооборота ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО в условиях Московской области.

Исследования проводили по следующим методикам:

– идентификацию патогенов – в лаборатории корнеплодных культур и лука по методикам В.Ф. Белика [13], В.И. Леунова и др. [14];

– оценку заражённости семян – согласно ГОСТ 12044-93 от 2000 г.;

– выделение патогенов из растительного материала – по Н. Abe et al. [15], Л.М. Соколовой [16, 17];

– получение чистых культур и идентификацию патогенов – по Определителю патогенных и условно патогенных грибов [18];

– оценку степени агрессивности возбудителей *Fusarium* и *Alternaria* – по Э.А. Власовой, Е.И. Федоренко [19], Л.М. Соколовой [20];

– искусственное заражение – путём опрыскивания листовых пластин – по Г.Ф. Монахос и др. [21], Л.М. Соколовой [16, 22];

– искусственное заражение корнеплодных дисков (капельное нанесение суспензии спор или инокулирование мицелиальными блоками) – по Э.А. Власовой, Е.И. Федоренко [19], Г.Ф. Першиной, Л.Т. Тиминой [23]; Л.М. Соколовой [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопатологический мониторинг во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО проводится с 2007 г. и по настоящее время на экономически значимых овощных культурах борщевой группы с целью выявления более агрессивных штаммов и видов вредоносных патогенов родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp., а также ежегодного последовательного отбора источников толерантности к изучаемому патоккомплексу.

В патоккомплексе любой сельскохозяйственной культуры присутствуют разные микромицеты, состав которых меняется в зависимости от климатических условий и сезонных изменений. В связи с этим на первоначальном этапе работы остро встал вопрос о выделении новых местных наиболее агрессивных штаммов патогенов родов

Alternaria sp. и *Fusarium* sp. с семенного материала, растений первого и второго года жизни, а также из почвенного профиля, так как в почве перезимовывает большое количество микромицетов, которые весной при благоприятных условиях начинают выходить на поверхность, тем самым нанося урон сельскохозяйственным культурам [22].

Отбор инфицированного материала проводили на полях селекционного севооборота. Всего за годы исследований было изучено более 60 изолятов микромицетов, и только 7 оказались патогенными. После серий лабораторных опытов в селекционную работу были отобраны агрессивные изоляты. Определение видовой принадлежности изолятов проводилось методом ПЦР-анализа [22]. В результате выявлены виды *A. radicina*, *A. dauci*, *F. avenaceum* (в 2007 г.) и *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum* (в 2012 г.).

В зависимости от биологических особенностей растений-хозяев и патогенных грибных болезней оценку толерантности проводили на искусственном инфекционном фоне (ИИФ). Для моркови столовой создание ИИФ заключалось во внесении в почву почвенных патогенов *A. radicina* и *F. oxysporum* с дополнительным опрыскиванием в период вегетации первогодников суспензией спор *A. dauci* и *F. oxysporum* [22, 24]; для гороха овощного – во внесении в почву почвенного патогена *F. oxysporum* [25].

На данных участках проводится фитопатологическая оценка исходного коллекционного и селекционного материала с последующим отбором устойчивых генотипов для вовлечения их в скрещивания с целью получения стабильных урожаев овощной продукции. На этих же участках проводится оценка устойчивости вновь созданных сортов и гибридов изучаемых культур [26].

В неконтролируемых условиях открытого грунта на естественном фоне (ЕИФ), напряженность которого зависит от агроклиматических показателей года, осуществляется оценка устойчивости к комплексу патогенов: моркови столовой – к альтернариозу, фузариозу; свеклы столовой – к фузариозу, церкоспорозу; гороха – к патоккомплексу корневых гнилей.

Сопоставление результатов и расчет корреляции позволяет выбирать комплекс методов, которые дают возможность с меньшими затратами достичь положительных результатов при работе над устойчивостью.

Так, при комплексной оценке устойчивости разными методами на сортопопуляциях моркови столовой были получены 4 груп-

пы устойчивости/толерантности (табл. 1). В III группу, которая характеризуется как средневосприимчивая, вошли сортообразцы Витаминная 6, Лосиноостровская 13, Леандр, Ньюанс, Королева осени, Топаз F₁, Звезда F₁, Колорит F₁, Иркут F₁. По образцам

Бирючукская, Несравненная и Тайфун идет разброс по группам устойчивости от II до IV, что нацеливает нас на дальнейшую селекционную работу по выявлению устойчивых генотипов в сортопопуляциях моркови столовой.

Таблица 1

Группы устойчивости исходных сортопопуляций моркови столовой при оценке различными методами на соответствующих стадиях развития растений (2010–2014 гг.)

Stability groups of initial varietal populations of carrots in the assessment by different methods at the corresponding stages of plant development (2010-2014)

Сортообразец	1-й год вегетации					2-й год вегетации				
	сеянцы <i>A. radicina</i> + <i>A. dauci</i>			листья <i>A. dauci</i>		корнеплод <i>A. radicina</i>			листья <i>A. dauci</i>	
	МкТ	ИИФ	ЕИФ	ПИФ	ЕИФ	ИИФ	ПИФ	ЕИФ	ИИФ	ЕИФ
Витаминная 6	III	III	II	III	II	III	II	II	III	III
Лосиноостровская 13	II	III	II	III	II	III	II	II	III	II
Суражевская 1	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Леандр	III	II	II	III	II	III	II	II	III	II
Ньюанс	III	III	II	III	II	III	III	II	II	III
Московская зимняя А 515	III	III	II	III	II	III	III	II	II	III
Топаз F ₁	III	III	III	II	III	III	III	II	III	II
Звезда F ₁	III	III	II	III	III	III	III	III	III	II
Королева осени	III	III	III	II	III	III	III	III	III	III
Колорит F ₁	III	III	II	III	III	II	II	II	III	III
Иркут F ₁	III	III	II	II	III	II	II	II	II	II
Бирючукская	IV	III	III	III	IV	IV	II	III	IV	III
Несравненная	IV	III	III	III	IV	IV	III	III	III	III
Тайфун	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	IV	IV

Примечание. II – относительно устойчивые; III – средневосприимчивые; IV – восприимчивые; МкТ – метод филтраты культуральной жидкости (микотоксин); ИИФ – искусственное заражение растений в лабораторных условиях; ПИФ – полевой провокационный инфекционный фон; ЕИФ – естественный инфекционный фон в открытом грунте.

Note. II – relatively stable; III – moderately susceptible; IV – sensitive; MкT, f.k.g method; AIP – artificial infection of plants in laboratory conditions; FPIB – field provocative infectious background; NIB is a natural infectious background in open ground.

Результативность распределения по группам устойчивости в зависимости от проведенных опытов можно проследить с применением корреляционного анализа по проводимым методам (рис. 1, 2).

В ходе корреляционного анализа выявлена сопряженность по полевым опытам (см. рис. 1): так, между инфекционным фоном *A. dauci* и *A. radicina* $r = 0,69$; инфекционным фоном *A. dauci* и *F. oxysporum* $r = 0,65$.

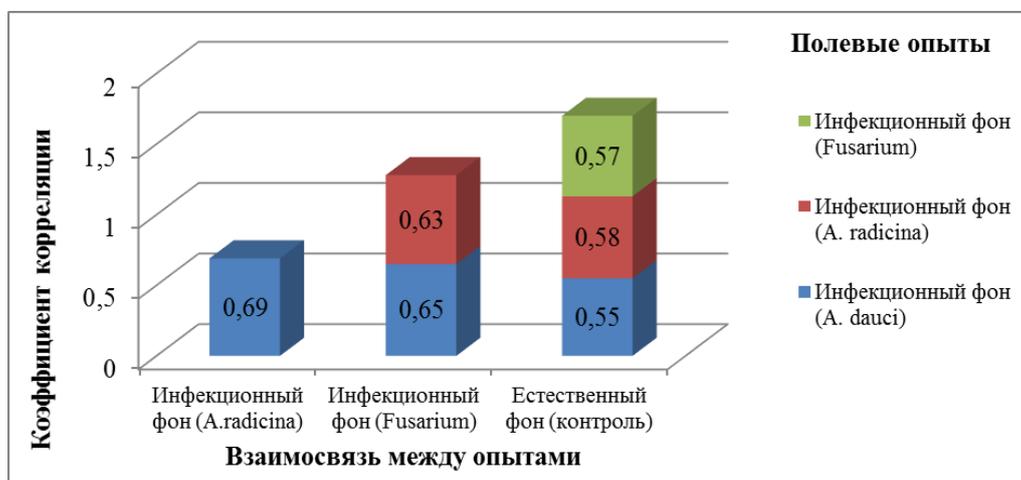


Рис. 1. Корреляционная взаимосвязь факторов между провокационным инфекционным фоном и естественным неконтролируемым фоном

Fig. 1. Correlation of factors between provocative infectious background and uncontrolled natural background

При расчете корреляций между лабораторными и полевыми опытами (см. рис. 2) мы выявили высокую взаимосвязь между полевым опытом, проводимым на провокационном инфекционном фоне (*A. radicina*), и заражением семян моркови столовой фильтратом

культуральной жидкости (микотоксин) в лабораторных условиях ($r = 0,78$), взаимосвязь между инфекционным фоном (*F. oxysporum*) и заражением в лабораторных условиях семян моркови столовой ($r = 0,75$). Высокую связь можно проследить и на других опытах.



Рис. 2. Корреляционное взаимодействие полевых и лабораторных факторов

Fig. 2. Correlation interaction of field and laboratory factors

На рис. 3 представлена схема селекционного процесса, включающая мониторинг и выявление генетических источников устойчивости в агроценозах. Принцип данной схемы заключается в последовательности включения различных методов иммунологической оценки (они показаны стрелками) и чередования двухлетнего и однолетнего циклов развития растений с целью повышения напряженности и эффективности последовательного отбора, а также экономии времени и селекционного материала.

Этапы применения данной схемы можно проследить при создании гибридов (рис. 4).

Проведение комплекса лабораторных опытов в межсезонный период позволяет ускорить селекционный процесс по получению устойчивого материала, так как дает возможность предварительно провести оценку большого числа сортообразцов. Но лабораторные опыты ни в коем случае не заменяют оценку толерантности на искусственных инфекционных и естественном неконтролируемом фоне.

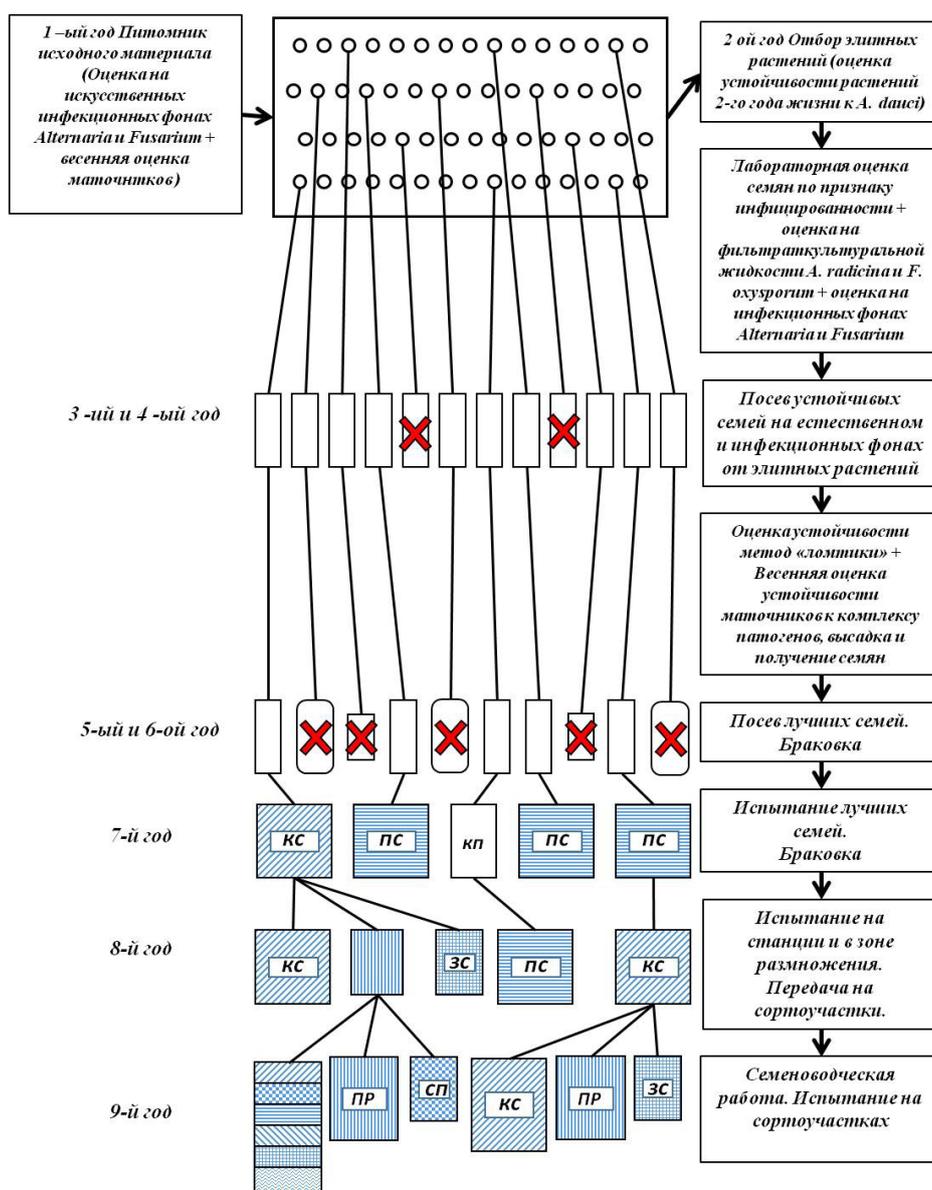


Рис. 3. Схема индивидуального отбора у самоопыляющихся растений (линии): селекционный (СП), селекционный и контрольный (КП) питомники; предварительное (ПС) и конкурсное (КС) сортоиспытание в контрольном питомнике; конкурсное и зональное (ЗС) сортоиспытание с предварительным размножением (ПР); семенной питомник (СП); предварительное размножение в семенном питомнике

Fig. 3. Scheme of individual selection in self-pollinating plants (lines): selection (S.P.), selection and control (C.P.) nurseries; preliminary (P.S.) and competitive (C.S.) variety trials in the control nursery; competitive and zonal (Z.S.) variety trials with preliminary multiplication (P.P.); seed nursery (S.P.); primary expansion in the seed nursery

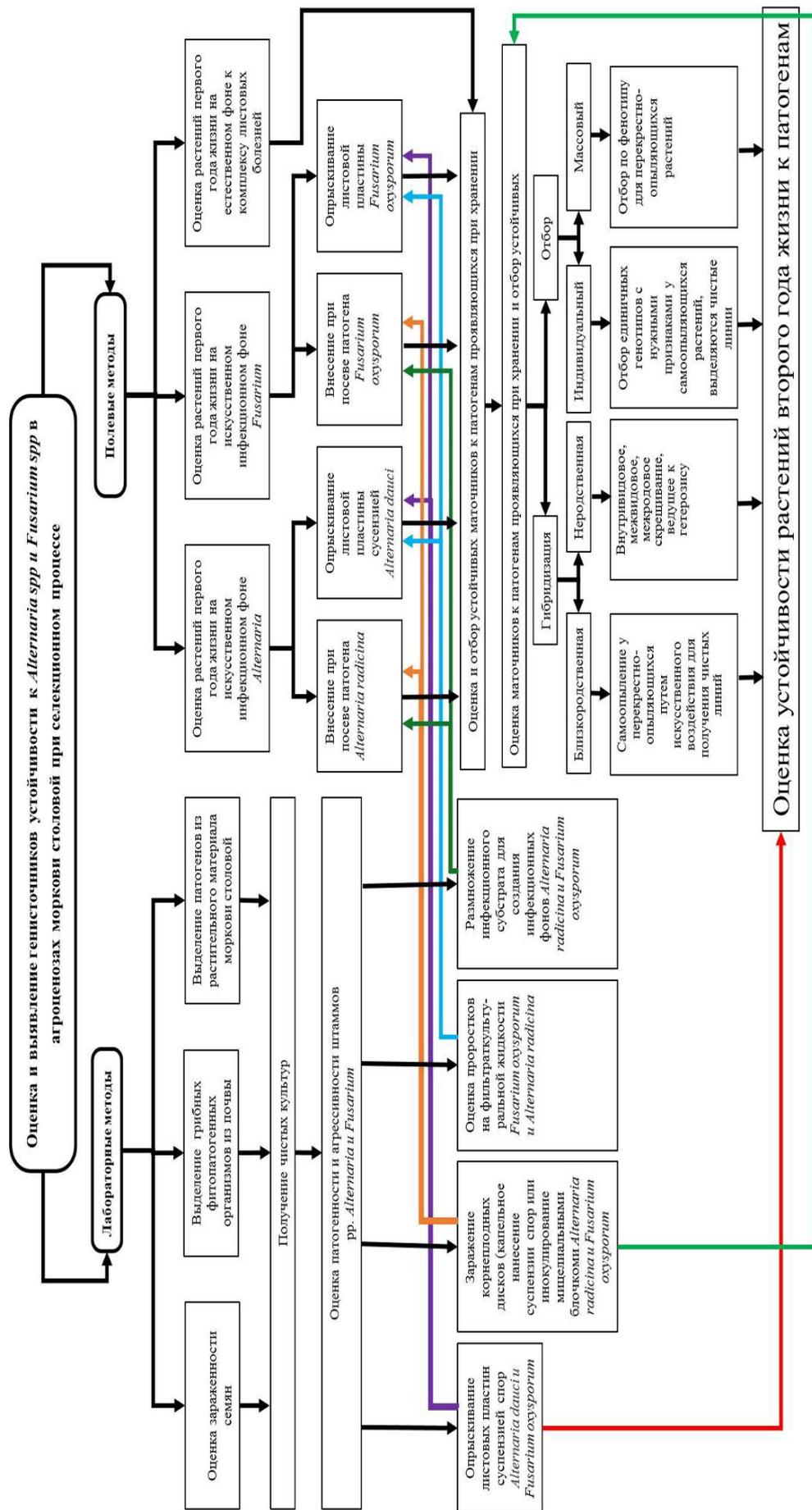


Рис. 4. Схема селекционного процесса, включающая мониторинг и выявление генисточников устойчивости в агроценозах моркови столовой

Fig. 4. Scheme of the breeding process, including monitoring and identifying gene sources of resistance in agrocenosis of table carrots.

ВЫВОДЫ

1. С использованием фитопатологических методов выделения возбудителей альтернариоза и фузариоза из разных органов растений и почвы создана коллекция наиболее агрессивных рас патогенов родов *Fusarium* и *Alternaria*.

2. Проведены сравнительные анализы информативности различных лабораторных методов и иммунологической оценки устойчивости растений овощных культур на искусственных инфекционных фонах (ИИФ) на разных стадиях онтогенеза (сеянец, вегетирующее растение первого года, корнеплод в

период хранения, семенное растение) и вида возбудителя.

3. Разработана и апробирована схема последовательного включения в селекционный процесс по созданию гибридов моркови столовой различных методов фитопатологической оценки на разных стадиях развития растений с целью повышения эффективности отбора на групповую устойчивость к возбудителям *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum*.

4. В результате применения селекционно-иммунологической системы методов из различных линий, сортовых и гибридных популяций получен ценный исходный материал с устойчивостью к отдельным видам и группе возбудителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Estimating the Phanerozoic history of the Ascomycota lineages: combining fossil and molecular data* / C. Beimforde, K. Feldberg, S. Nylander [et al.] // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – 2014. – Vol. 78. – P. 386–398. – DOI:10.1016/j.ympev.2014.04.024.
2. *Белякова Г.А., Дьяконов Ю.Т., Тарасов К.Л.* Ботаника. Т. 1: Водоросли и грибы. – М.: Академия, 2006. – С. 320.
3. *Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н.* Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. – С. 220.
4. *Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternata* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME)* / M. Meena, A. Zehra, M.K. Dubey [et al.] // *Front. Plant Sci.* – 2016. – Vol. 7. – DOI:1408. 10.3389/fpls.2016.01408.
5. *Thomma B.P.* *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite // *Mol. Plant Pathol.* – 2003. – Vol. 4. – P. 225–236. – DOI:10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x.
6. *Effect on lycopene, β -carotene, ascorbic acid and phenolic content in tomato fruits infected by *Alternaria alternata* and its toxins (TeA, AOH and AME)* / M. Meena, A. Zehra, P. Swapnil [et al.] // *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* – 2017. – Vol. 50. – P. 317–329. – DOI:10.1080/03235408.2017.1312769.
7. *Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M.* *Alternaria* diseases of carrot // *Plant Dis.* – 2004. – Vol. 88. – P. 776–784. – DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.8.776.
8. *Beckman C.H.* *The Nature of Wilt Diseases of Plants.* – St Paul MN: American Phytopathological Society Press, 1987.
9. *Фузариоз зерновых культур* / Т.А. Гагкаева, О.П. Гаврилова, М.М. Левитин, К.В. Новожилов // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2011. – № 5. – С. 112.
10. *First Report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Causing Fusarium Dry Rot of Carrot in China* / X.Y. Zhan, J. Hu, H.Y. Zhou [et al.] // *The American Phytopathological Society.* – 2014. – Vol. 98 (9). – DOI. 10.1094/PDIS-02-14-0156-PDN.
11. *Соколова Л.М., Бухаров А.Ф., Иванова М.И.* Применение последовательных отборов при селекции моркови столовой на устойчивость к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. // *Аграрная наука.* – 2020. – № 6. – С. 78–83. – DOI: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83.
12. *Mazur S., Nawrozki J., Gaweda M.* Podatnosc trzech odmian marchwi na porazenie przez at ternarioze w warunkach uprawy polowej // *Folia Univ. Agriculturae sretinensis. Akad. rol. W Szczecinie.* – Szczecin, 2004. Vol. 239. – P. 249–252.
13. *Белик В.Ф.* Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – С. 319.
14. *Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*): метод. рекомендации* / В.И. Леунов, А.Н. Ховрин, Т.А. Терешонкова [и др.]. – 2011. – С. 61.

15. *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan* / H. Abe [et al]. – 1997. – Vol. 48. – P. 106–108.
16. Соколова Л.М. Создание исходного материала столовой моркови для селекции на устойчивость к *Alternaria radicina* M. DR. Et E, *Fusarium avenaceum*: автореф. дис. ... кан. с.-х. наук. – Верей, 2010. – С. 32, 151.
17. Соколова Л.М. Система комплексного применения селекционно-иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* spp. и *Fusarium* sp: метод. рекомендации. – М., 2022. – С. 56.
18. Самтон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 486 с.
19. Власова Э.А., Федоренко Е.И. Методы оценки исходного и селекционного материала моркови на устойчивость к болезням // Науч.-техн. бюл. / Всесоюз. НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова. – Л., 1986. – Вып. 161: Столовые корнеплоды. – С. 28–34.
20. Соколова Л.М. Выделение и агрессивность возбудителей болезней родов *Fusarium* и *Alternaria* на моркови столовой // Картофель и овощи. – 2018. – № 3. – С. 21–24.
21. Монахос Г.Ф., Джалилов Ф.С., Монахос С.Г. Оценка устойчивости капустных растений к киле (возбудитель *Plasmiodiophora brassicae* Wor.): учеб.-метод. пособие. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2009. – С. 24.
22. 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: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Одинцово, 2021. – С. 321.
23. Першина Г.Ф., Тимина Л.Т. Оценка устойчивости моркови к сухой фузариозной гнили // Науч.-техн. бюл. / ВИР. – Л., 1989. – Т. 192. – С. 46–49.
24. Соколова Л.М. Влияние погодных условий на распространенность болезней и устойчивость моркови столовой // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (174). – С. 21–26.
25. О методике создания инфекционного фона фузариоза гороха овощного. / Л.М. Соколова, В.В. Михайлов, О.О. Белошапкина, А.А. Егорова // Аграрная наука. – 2020. – № 7–8. – С. 92–98.
26. F1 Красногорье – современный гибрид моркови столовой / М.А. Косенко, А.В. Корнев, Л.М. Соколова, А.Н. Ховрин // Картофель и овощи. – 2020. – № 12. – С. 27–29.

REFERENCES

1. Beimforde C., Feldberg K., Nylinder S., Rikkinen J., Tuovila H., Dörfelt H., Gube M., Jackson D. J., Reitner J., Seyfullah L.J., Schmidt A.R., Estimating the Phanerozoic history of the Ascomycota lineages: combining fossil and molecular data, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2014, Vol. 78, pp. 386–398, DOI:10.1016/j.ympev.2014.04.024.
2. Belyakova G.A., D'yakonov YU.T., Tarasov K.L., *Botanika. T. 1: Vodorosli i griby* (Botany. T. 1: Algae and mushrooms), Moscow: Akademiya, 2006, p. 320.
3. Garibova L.V., Lekomceva S.N., *Osnovy mikologii. Morfologiya i sistematika gribov i gribopodobnyh organizmov* (Fundamentals of Mycology: Morphology and systematics of fungi and mushroom-like organisms), Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 2005, p. 220.
4. Meena M., Zehra A., Dubey M.K., Aamir M., Gupta V.K., Upadhyay R.S., Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternata* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME), *Front. Plant Sci*, 2016, Vol. 7, DOI:1408.10.3389/fpls.2016.01408.
5. Thomma B.P., *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite, *Mol. Plant Pathol*, 2003, Vol. 4, p. 225–236, DOI:10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x.
6. Meena M., Zehra A., Swapnil P., Dubey M.K., Patel C.B., Upadhyay R.S., Effect on lycopene, β -carotene, ascorbic acid and phenolic content in tomato fruits infected by *Alternaria alternata* and its toxins (TeA, AOH and AME), *Arch. Phytopathol. Plant Protect*, 2017, Vol. 50, p. 317–329, DOI:10.1080/03235408.2017.1312769.

7. Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M., *Alternaria* diseases of carrot, *Plant Dis*, 2004, Vol. 88, pp. 776–784, DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.8.776.
8. Beckman C.H., *The Nature of Wilt Diseases of Plants*. St Paul MN: *American Phytopathological Society Press*, 1987.
9. Gagkaeva T.A., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V., *Prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rastenij»*, 2011, No. 5, pp. 112. (In Russ.)
10. Zhan X.Y., Hu J., Zhou H.Y., Hao J.J., Xue Y.F., Chen H., Wang B.G., First Report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Causing Fusarium Dry Rot of Carrot in China, *The American Phytopathological Society*, 2014, Vol. 98 (9), DOI: 10.1094/PDIS-02-14-0156-PDN.
11. Sokolova L.M., Buharov A.F., Ivanova M.I., *Agrarnaya nauka*, 2020, No. 6, pp. 78–83, DOI: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83. (In Russ.)
12. Mazur S., Nawrozki J., Gaweda M., Podatnosc trzech odmian marchwi na porazenie przez at ternarioze w warunkach uprawy polowej, *Folia Univ. Agriculturae sretinensis. Akad. rol. W Szczecinie*, Szczecin, 2004, Vol. 239, p. 249–252.
13. Belik V.F., *Metodika opytnogo dela v ovoshchevodstve i bahchevodstve* (Methodology of experimental work in vegetable growing and melon growing), Moscow: Agropromizdat, 1992, p. 319.
14. Leunov V.I., Hovrin A.N., Tereshonkova T.A., Sokolova L.M., Gorshkova N.S., Alekseeva K.L., *Metody uskorennoj selekcii morkovi stolovoj na kompleksnyu ustojchivost' k gribnym boleznyam (Alternaria i Fusarium)* (Methods for accelerated breeding of table carrots for complex resistance to fungal diseases (*Alternaria* and *Fusarium*)), 2011, 61 p.
15. Abe H. [et al.], Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan, 1997, Vol. 48, pp. 106–108.
16. Sokolova L.M., *Sozdanie iskhodnogo materiala stolovoj morkovi dlya selekcii na ustojchivost' k Alternaria radicina M. DR. Et E, Fusarium avenaceum* (Creation of initial material of table carrots for breeding for resistance to *Alternaria radicina* M. DR. Et E, *Fusarium avenaceum*), Extended abstract of candidate's thesis, 2010, p. 32.
17. Sokolova L.M., *Sistema kompleksnogo primeneniya selekcionno-immunologicheskikh metodov dlya sozdaniya sortov i gibridov morkovi stolovoj s gruppovoj ustojchivost'yu k Alternaria sp. i Fusarium sp.* (The system of complex application of selection and immunological methods for the creation of varieties and hybrids of table carrots with group resistance to *Alternaria* spp. and *Fusarium* spp.), Moscow, 2022, p. 56.
18. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M., *Opredelitel' patogennyh i uslovno patogennyh gribov* (Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi), Moscow: Mir, 2001, 486 p.
19. Vlasova E.A., Fedorenko E.I., *Nauchno–tehnicheskij bjulleten'*, Vsesoyuz. NII rastenievodstva im. N.I. Vavilova, Leningrad, 1986, Vol. 161: Stolovye korneplody. pp. 28–34. (In Russ.)
20. Sokolova L.M., *Kartofel' i ovoshchi*, 2018, No. 3, pp. 21–24. (In Russ.)
21. Monahos G.F., Dzhalilov F.S., Monahos S.G., *Ocenka ustojchivosti kapustnyh rastenij k kile (vzobuditel' Plasmodiophora brassicae Wor.)* (Evaluation of resistance of cabbage plants to clubroot (pathogen *Plasmodiophora brassicae* Wor.)), Moscow: Izd–vo RGAU–MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2009, 24 p.
22. Pershina G.F., Timina, L.T., *Nauchno–tehnicheskij bjulleten'*, VIR, Leningrad, 1989, T. 192, pp. 46–49. (In Russ.)
23. Sokolova L.M., *Sistema selekcionno – immunologicheskikh metodov sozdaniya sortov i gibridov morkovi stolovoj s gruppovoj ustojchivost'yu k Alternaria sp. i Fusarium sp. s kompleksom hozyajstvenno cennyh priznakov*, Doctor's thesis, Odincovo, 2021, p. 321.
24. Sokolova L.M., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4 (174), pp. 21–6. (In Russ.)
25. Sokolova L.M., Mihajlov V.V., Beloshapkina O.O., Egorova A.A., *Agrarnaya nauka*, 2020, No. 7–8, pp. 92–98. (In Russ.)
26. Kosenko M.A., Kornev A.V., Sokolova L.M., Hovrin A.N., *Kartofel' i ovoshchi*, 2020, No. 12, pp. 27–29. (In Russ.)