

**МЕТОДЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ НА МОРКОВИ СТОЛОВОЙ,
И РАЗРАБОТКА СХЕМ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА****METHODS TO CONTROL GARDEN CARROT RESISTANCE AND DEVELOPMENT
OF SELECTION PROCESS SCHEME**

Ключевые слова: *Fusarium, Alternaria*, морковь столовая, методы, схемы селекционного процесса.

На основании примененных методик для определения устойчивости растений к болезням сформированы схемы оценок различных методов заражения, позволяющих контролировать устойчивость селекционного материала на наиболее важных этапах селекционного процесса. Предложена комплексная оценка к изученным болезням с включением ее в схему селекционного процесса. Работа по устойчивости ведется в центре селекции корнеплодных культур Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства» с 2007 г. и включает следующие цели и задачи: разработка модели сортов (гибридов F₁) столовой моркови с признаком устойчивости к болезням; изучение биологических особенностей местной популяции патогенов и выделение штаммов с высокой агрессивностью; накопление и поддержание активности инфекционного материала для искусственного заражения растений и создания инфекционных фонов; оценка и отбор устойчивых растений на разных этапах онтогенеза в полевых и лабораторных условиях; оценка выравнимости линейных и сортовых образцов на этапе исходного и селекционного питомника; выделение генетических источников болезнеустойчивости; создание нового исходного материала с комплексной устойчивостью к болезням с учетом закономерностей наследования этих признаков. При использовании комплексной оценки устойчивости образцов (полевой и лабораторной оценки) отобраны устойчивые растения для пополнения коллекций новыми устойчивыми донорами. За 10 лет исследований (2007-2016 гг.) изучено в лабораторных условиях и на трех искусственных фонах: селекционных образцов – более 726, исходных образцов – более 200. В то время при использовании только инфекционных фонов дана оценка 300 образцам. Данные комплексной оценки позволяют эффективно использовать труд сотрудника, так как он может вести оценку в течение всего года. Использование комплексной оценки позволяет сократить работу по признаку болезнеустойчивости в питомниках исходного и

селекционного материала в среднем от 2 до 4 лет.

Keywords: *Fusarium, Alternaria, garden carrot, methods, selection process schemes.*

Based on the applied methods of determining plant resistance to diseases, schemes for estimating various methods of infection have been developed; they make it possible to control the resistance of the selection material at the most important stages of the selective breeding process. A complex evaluation of the studied diseases is proposed; it is included in the selection process. The work on stability has been conducted at the Root Crop Breeding Center of the All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production since 2007 and includes the following goals and objectives: development of model varieties (hybrids F₁) of garden carrot with disease resistance characters; studying the biological characteristics of the local pathogen populations and isolating strains with high aggressiveness; accumulation and maintaining the activity of infectious material for artificial infection of plants and creation of infectious backgrounds; evaluation and selection of resistant plants at different stages of ontogeny in field and laboratory conditions; evaluation of uniformity of linear and varietal accessions at the stages of primary and selection nurseries; identification of genetic sources of disease resistance; creation of new source material with complex diseases resistance taking into account the patterns of inheritance of these characters. By using comprehensive evaluation of accession resistance (field and laboratory evaluation), resistant plants have been selected to enlarge the collections with new resistant donors. The following was studied for 10 years of research (2007-2016) in laboratory conditions and against three artificial backgrounds: more than 726 selection accessions and more than 200 initial accessions. By using infectious backgrounds only, 300 accessions were evaluated. The data of comprehensive evaluation make it possible to effectively use a staff member's work, since it is possible to carry out evaluation throughout the year. The use of comprehensive evaluation makes it possible to reduce the work regarding disease resistance character in the nurseries of the source and breeding material on average by 2-4 years.

Соколова Любовь Михайловна, к.с.-х.н., с.н.с., группа корнеплодных культур центра селекции и семеноводства, Всероссийский НИИ овощеводства, Московская обл. E-mail: lsokolova74@mail.ru.

Sokolova Lyubov Mikhaylovna, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Team of Root Crops, Center of Plant Breeding and Seed Production, All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production, Moscow Region. E-mail: lsokolova74@mail.ru.

Введение

Значительная поражаемость корнеплодов болезнями составляет основную трудность в получении стабильно высоких урожаев моркови столовой, сохранении товарности, особенно осложняет решение проблемы выращивания полноценных здоровых семян [1].

Во многих регионах РФ и странах ближнего зарубежья отмечено усиление вредности болезней моркови, вызванных грибами рр. *Fusarium* и *Alternaria*. В зависимости от погодных условий и фитосанитарного состояния посевов распространённость болезней может достигать 70-80%, а урожайность корнеплодов снижается на 35-50% [2].

Alternaria radicina является одним из самых вредных возбудителей на моркови столовой в период хранения [3]. Потери урожая могут достигать 40-99% [4]. Полевой и тепличный скрининги с использованием шкалы болезни являются рутинной процедурой для выявления устойчивых генотипов [5]. Они широко используются селекционерами. Тем не менее этот метод требует больших затрат времени, является дорогим и может зависеть от неконтролируемых условий окружающей среды. Кроме того, когда речь идет об оценке развития симптомов, трудно провести различие между классами фенотипа, которые имеют промежуточные уровни устойчивости к *Alternaria* [6].

Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на ряде сельскохозяйственно значимых культур, таких как злаковые, овощные и др. К одним из важных в этом плане видов относятся *F. oxysporum* (Fo), *F. avenaceum* (Fa) и *F. roae* (Fr). Наиболее распространенными являются грибы вида *F. oxysporum*, вызывающие болезни увядания и поражающие сосудистую систему растений [7]. *F. avenaceum* — широко распространенный вид, который может существовать, в том числе как сапрофит. *F. roae* относящийся к секции *Sporotrichiella* Wollenw [8, 9].

Работа по созданию гибридов моркови столовой с комплексной устойчивостью к фузариозу и альтернариозу проводится в центре селекции корнеплодных культур ФГБНУ ВНИИО и включает следующие цели и задачи:

- разработка модели сортов (гибридов F₁) столовой моркови с признаком устойчивости к болезням и схемы селекционного процесса;

- изучение биологических особенностей местной популяции патогенов и выделение штаммов с высокой агрессивностью;

- накопление и поддержание активности инфекционного материала для искусственного заражения растений и создания инфекционных фонов;

- оценка и отбор устойчивых растений на разных этапах онтогенеза в полевых и лабораторных условиях;

- первичная оценка устойчивости коллекции, оценка выравненности образцов по признаку устойчивости и отбор устойчивых корнеплодов после хранения;

- оценка выравненности линейных и сортовых образцов на этапе селекционного питомника;

- оценка и отбор в последующих питомниках на дальнейших этапах селекции линий моркови, устойчивых к болезням;

- выделение генетических источников болезнеустойчивости;

- создание нового исходного материала с комплексной устойчивостью к болезням с учетом закономерностей наследования этих признаков.

Материалы и методы

Важное место в селекции моркови и других овощных культур занимает достоверная оценка болезнеустойчивости растений, а также отбор среди них источников и доноров устойчивости. Выявление различий между устойчивыми и восприимчивыми сортообразцами проводится на всех этапах селекционного процесса с использованием как методов искусственного заражения, так и создание искусственных инфекционных фонов.

При оценке на болезнеустойчивость в наших исследованиях пользовались следующими методами:

1. Метод искусственного заражения путём опрыскивания листьев корнеплодов, высаженных в сосуды с песком. Этот метод можно использовать во внесезонный период. Корнеплоды высаживаются в сосуды или ящики с почвой. Когда на корнеплодах отросшая листовая пластина достигнет 20-30 см высотой (4-5 настоящих листа), производится ее опрыскивание суспензией спор исследуемых патогенов, после чего на каждое растение надевается полиэтиленовый пакет, если заражение в сосудах, или накрывают пленкой весь ящик на 15 сут. для лучшего заражения (рис. 1). Оценку производят на 16-17-е сут.



Вегетационные сосуды после опрыскивания суспензией спор



Корнеплоды, высаженные в ящик с песком. Листовая пластинка в стадии отрастания

Рис. 1. Метод искусственного заражения путём опрыскивания листьев корнеплодов

В результате получаем первичную оценку устойчивости листовой пластины и семенного куста (маточного материала) для получения здорового потомства (семян).

2. Метод искусственного заражения корнеплодных дисков (капельное нанесение суспензии спор или инокулирование мицелиальными блочками). При использовании этого метода можно осуществить первый этап селекции – отбор устойчивых биотипов среди неоднородной по этому признаку растительной популяции за счёт сохранения головок корнеплода. Учёт проводится на 5-, 10-, 15-е сут. после закладки опыта по шкале таблицы 1.

Большое преимущество метода – его оперативность. Результаты испытания можно получить уже через 2 недели от момента заражения (рис. 2). Данный метод имеет смысл использовать также для первичного тестирования агрессивности вновь выделенных изолятов возбудителей и контроля уровня агрессивности «старых» многократно пересеваемых на искусственной среде штаммов.

Таблица 1

Шкала учета по ломтикам

Балл	Признаки поражения
0	Признаков поражения нет
1	Поражение не выходит за контуры источника инфекции, появляются слабовыраженное пятно и незначительное разрастание мицелия
2	Зона поражения в 2 раза превышает контур нанесенной инфекции
3	Зона поражения увеличивается в 3 раза, возникает углублённая язва с разрастанием мицелия от слабого до обильного
4	Зона поражения в 4 раза и более превышает зону инфекционного пятна, часто покрывает всю поверхность диска, язва глубокая, мицелий обильный



Развитие фузариоза на дисках корнеплодов моркови столовой при искусственном заражении мицелием возбудителя



Развитие альтернариоза на дисках корнеплодов моркови столовой на 7-е сут. после инокулирования

Рис. 2. Метод искусственного заражения корнеплодных дисков

3. Метод искусственного заражения вегетирующих растений моркови 1-го года жизни путем опрыскивания суспензией спор патогенов и создание почвенного искусственного инфекционного фона. Метод позволяет достоверно оценить устойчивость генотипов моркови в естественных условиях произрастания на фоне выровненного искусственного заражения патогена-

ми, так как производится оценка по листовой пластине и по корнеплодам. Заражение растений производится на специально выделенном участке. При оценке устойчивости образцов после искусственного заражения путём опрыскивания вегетирующих растений суспензией спор и дополнительно внесением почвенной инфекции, размноженной на зерносмеси (овес) при посеве на искусственных инфекционных фонах, пользуются шкалой (табл. 2).

Таблица 2
Шкала оценки степени устойчивости
сортообразцов моркови
к листовым болезням в период уборки урожая

Балл устойчивости	Средневзвешенный балл поражения	Степень устойчивости
0	Поражено до 0,8	Практически устойчивые
1	0,9-1,6	Слабовосприимчивые
2	1,7-2,4	Средневосприимчивые
3	2,5-3,2	Восприимчивые
4	3,3-4,0	Сильновосприимчивые

Этот метод характеризуется высокой надёжностью, обеспечивает чёткое проявление симптомов поражения, позволяет дифференцировать генотипы по устойчивости. Большим преимуществом данного метода является то, что он дает возможность оценивать устойчивость большого числа образцов. За счет сохранения корне-

плодов устойчивых образцов имеется возможность получения с них семян и их использования в дальнейшей селекционной работе. К некоторым недостатком метода можно отнести его длительность и трудоёмкость.



Рис. 3. Укрытие инфекционного фона пленкой после опрыскивания суспензией спор

Результаты

В результате многолетней работы на основании вышеперечисленных методов были разработаны схемы, позволяющие получить достоверные данные об устойчивости образцов на каждом этапе селекционного процесса.

На этапе **питомника исходного материала** (рис. 4) рекомендуем схему оценки устойчивости растений на почвенных инфекционных фонах в сочетании с опрыскиванием вегетирующих растений суспензией спор.

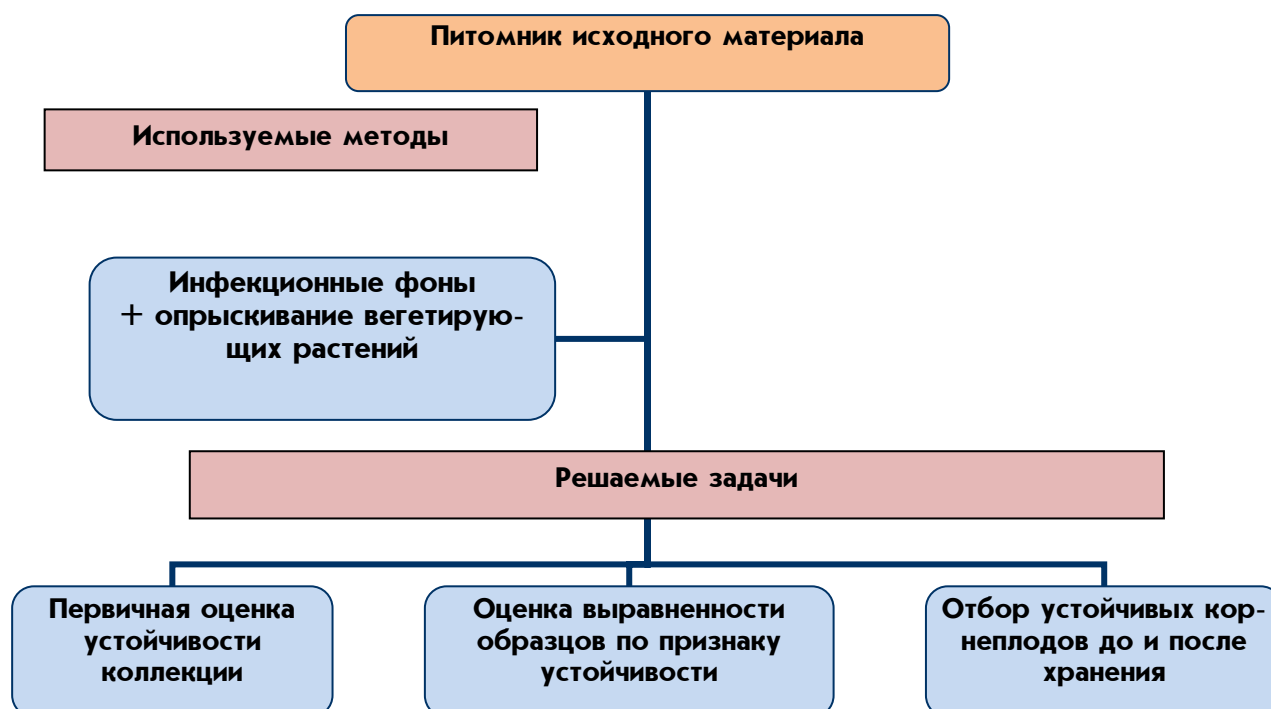


Рис. 4. Питомник исходного материала

В результате получаем первичную оценку устойчивости коллекции, оценку выравненности образцов по признаку устойчивости и устойчивые корнеплоды после хранения.

На этапе **селекционного питомника** (рис. 5) для растений первого года жизни используется та же схема, что и для питомника исходного материала для растений 2-го года жизни. Необходимо использовать заражение дисков корнеплодов блочками культуры или суспензией (лабораторный метод). В результате проведена оценка выравненности линейных и сортовых образцов по устойчивости (по репрезентативной выборке), а также получим индивидуальный отбор устойчивых корнеплодов (путем сохранения половинки корнеплода).

Схема оценок и отборов в последующих питомниках при **селекции линий моркови**, устойчивых к болезням (Рыбалко А.А., 2006), представлена на рисунке 6.

Заключение

При использовании комплексной оценки устойчивости образцов (полевой и лабораторной оценки) отобраны устойчивые рас-

тения для пополнения коллекций новыми устойчивыми донорами. За 10 лет исследований (2007-2016 гг.) изучено в лабораторных условиях и на трех искусственных фонах: селекционных образцов – более 726, исходных образцов – более 200. В то время при использовании только инфекционных фонов дана оценка 300 образцам. Данные комплексной оценки позволяют эффективно использовать труд сотрудника, так как он может вести оценку в течение всего года. Использование комплексной оценки позволяет сократить работу по признаку болезнеустойчивости в питомниках исходного и селекционного материала в среднем от 2 до 4 лет.

Системы методов оценки устойчивости селекционного материала столовой моркови к фузариозу и альтернариозу позволяют получать достоверные данные об устойчивости образцов моркови на каждом этапе селекционного процесса. Данная система разработана по результатам анализа многочисленных экспериментов за долгие годы исследований.

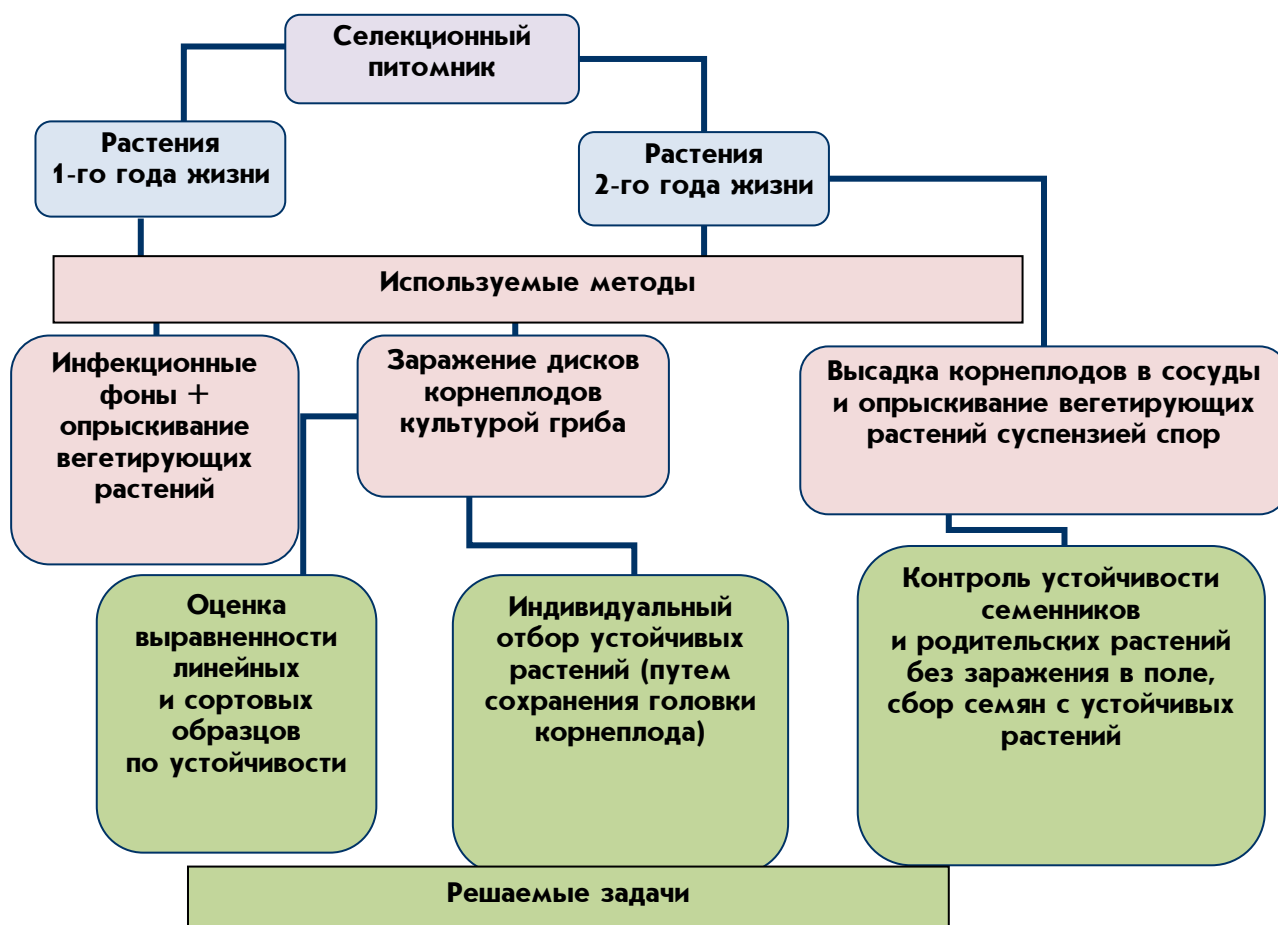


Рис. 5. Селекционный питомник

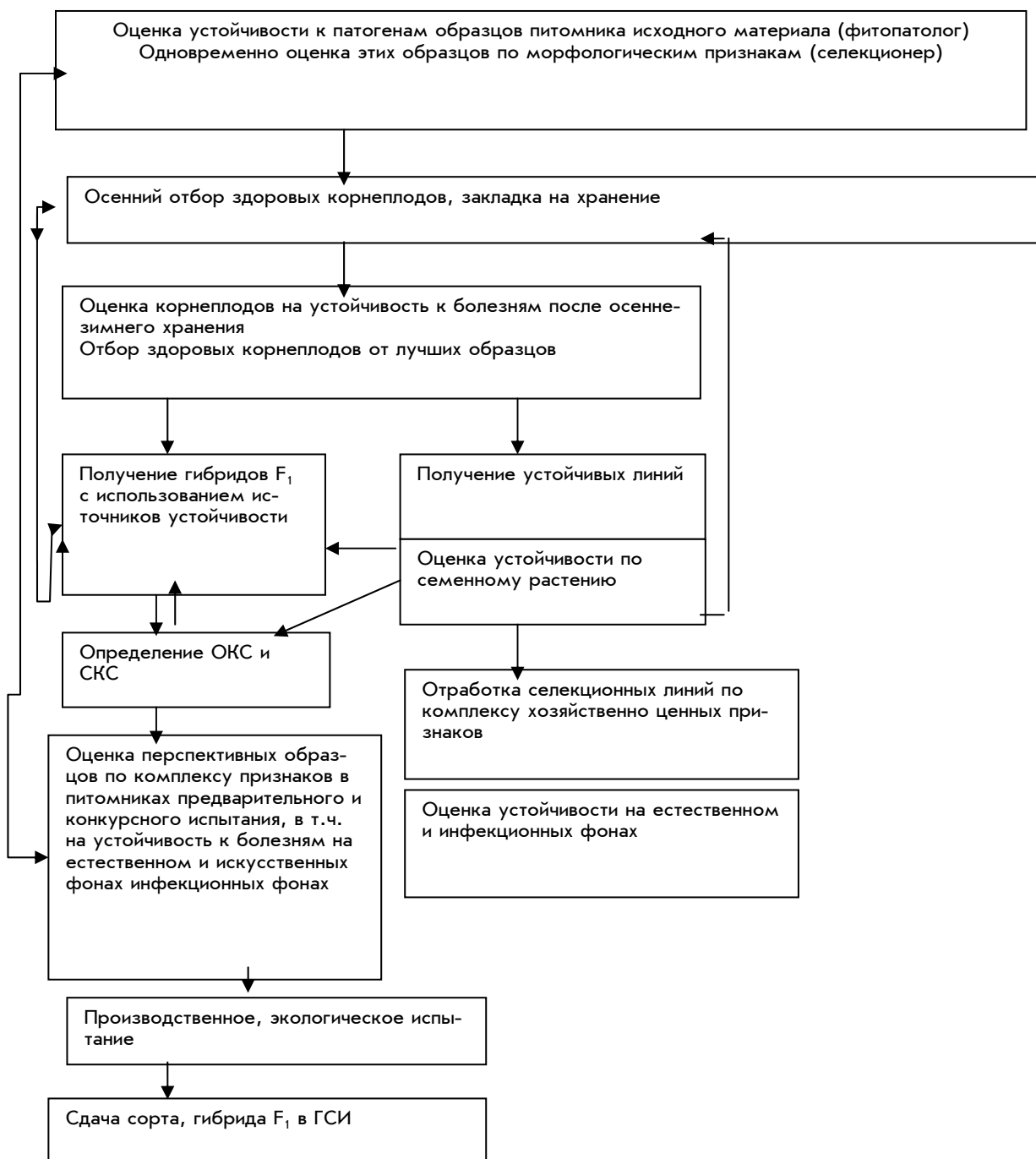


Рис. 6. Схема оценки и отборов в последующих питомниках при селекции линий моркови, устойчивых к болезням

Применение схем селекционного процесса позволило выявить устойчивые и восприимчивые образцы:

по *Alternaria* – слабовосприимчивые, поражено 21-40% растений; сорта – Леандр, Бессердцевинная; линия – 200 П; гибриды – Кокубу сэно F₁;

средневосприимчивые, поражено 41-60% растений; сорта – Лосиноостровская 13, Витаминная-6, Королева осени; линии – 753, 1268В, 690П, 1238П, 8В, 1238В; гибриды – Топаз F₁;

восприимчивые, поражено 61-80% растений; сорта – Стелла, Красава, Консервная, Артек; гибриды – Каллисо F₁, Колорит F₁;

по *Fusarium* – слабовосприимчивые, поражено 21-40% растений; гибриды – Кантерби F₁, Кокубу сэно F₁;

средневосприимчивые, поражено 41-60% растений; сорта – Бессердцевинная, Королева осени, Витаминная-6; линии – 753, 1268 В, 690 П, 1238 П, 1238 В; гибриды – Топаз F₁;

восприимчивые, поражено 61-80% растений; сорт – Красавка; гибриды – Звезда F₁.

Библиографический список

1. Алексеева К.Л., Иванова М.И. Болезни зеленных овощных культур (диагностика, профилактика, защита). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 188 с.
2. Соколова Л.М., Леунов В.И. Болезни столовой моркови в период хранения и защита от них // Вестник овощеводства. – 2010. – № 4. – С. 25-28.
3. Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M., Alternaria diseases of carrot // Plant Disease. – 2004. – Vol. 88 (8). – P. 776-784.
4. Vintal, H., Ben-Noon, E., Shlevin, E., Yermiyahu, U., Shtienberg, D., Dinooor, A. Influence of rate of soil fertilization on Alternaria leaf blight (Alternaria dauci) in carrots // Phytoparasitica. – 1999. – Vol. 27 (3). – P. 193-200.
5. Pawelec A., Dubourg C., Briard M. Evaluation of carrot resistance to Alternaria leaf blight in controlled environments // Plant Pathology. – 2006. – Vol. 55 (1). – P. 68-72.
6. Cadot V., Boulineau F., Guenard M., Olivier V., Molinero-Demilly V. Setting up a resistance test to Alternaria dauci of carrot by inoculation in the open field, as part of registering varieties in the National French Catalogue of Vegetable Species. In: I Veme Rencontres de Phytopathologie / Mycologie, Journees J. Chevaugéon, Aussois, France. 2002.
7. Beckman C.H. The Nature of Wilt Diseases of Plants // St Paul MN: American Phytopathological Society Press. – 1987.
8. Гагкаева Т.А., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2011. – № 5. – 112 с.
9. Семенов А.Н., Дивашук М.Г., Баженов М.С., Карлов Г.И., Леунов В.И., Ховрин А.Н., Егорова А.А., Соколова Л.М., Терешонкова Т.А., Алексеева К.Л., Леунова В.М. Сравнительный анализ полиморфизма микросателлитных маркеров у ряда видов рода Fusarium // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1. – С. 40-50.

зевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 1. – С. 40-50.

References

1. Alekseeva K.L., Ivanova M.I. Bolezni zelenykh ovoshchnykh kultur (diagnostika, profilaktika, zashchita). – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2015. – 188 s.
2. Sokolova L.M., Leunov V.I. Bolezni stolovoy morkovi v period khraneniya i zashchita ot nikh // Vestnik ovoshchevodstva. – 2010. – № 4. – S. 25-28.
3. Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M., Alternaria diseases of carrot // Plant Disease. – 2004. – Vol. 88 (8). – P. 776-784.
4. Vintal, H., Ben-Noon, E., Shlevin, E., Yermiyahu, U., Shtienberg, D., Dinooor, A. Influence of rate of soil fertilization on Alternaria leaf blight (Alternaria dauci) in carrots // Phytoparasitica. – 1999. – Vol. 27 (3). – P. 193-200.
5. Pawelec A., Dubourg C., Briard M. Evaluation of carrot resistance to Alternaria leaf blight in controlled environments // Plant Pathology. – 2006. – Vol. 55 (1). – P. 68-72.
6. Cadot V., Boulineau F., Guenard M., Olivier V., Molinero-Demilly V. Setting up a resistance test to Alternaria dauci of carrot by inoculation in the open field, as part of registering varieties in the National French Catalogue of Vegetable Species. In: I Veme Rencontres de Phytopathologie / Mycologie, Journees J. Chevaugéon, Aussois, France. 2002.
7. Beckman C.H. The Nature of Wilt Diseases of Plants // St Paul MN: American Phytopathological Society Press. 1987.
8. Gagkaeva T.A., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V. Fuzarioz zernovykh kultur // Prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rasteniy». – 2011. – № 5. – 112 s.
9. Semenov A.N., Divashuk 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. Sravnitelnyy analiz polimorfizma mikrosatellitnykh markerov u ryada vidov roda Fusarium // Izvestiya Timiryazevskiy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2016. – № 1. – S. 40-50.

