

DOI 10.5281/zenodo.10280831

EDN KJNHPS

УДК 635.132:631.527:632.4

Тихонова Т. О., Козарь Е. Г., Енгальчева И. А., Степанов В. А.

## СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ И ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БЕЛОЙ ГНИЛИ

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

**Реферат.** В период хранения моркови столовой одной из вредоносных болезней является белая гниль. Исследования проводили с целью оценки коллекционного материала моркови столовой (*Daucus carota* L.) на устойчивость к возбудителям белой гнили. Экспериментальная часть работы выполнена в 2017–2023 гг. на базе лабораторий молекулярно-иммунологических исследований, селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Материал для исследований – 167 современных сортов и гибридов моркови отечественной и иностранной селекции. Оценка сохранности изучаемых сортообразцов проводили в период хранения, определяя степень поражения возбудителями белой гнили, иммунологическую оценку устойчивости *in vitro* – путем искусственного заражения дисков корнеплодов. О степени устойчивости сортообразцов судили на основании расчета объема зоны поражения относительно стандарта устойчивости – гибрида Надежда F<sub>1</sub> и последующей дифференциации на группы устойчивости. Установлено, что в условиях Московской области в патогенезе белой гнили наибольшей вредоносностью обладает возбудитель *Sclerotinia sclerotiorum*. Распространение *Sclerotinia nivalis* носит спорадический характер, достигая 16–23 % в зависимости от года и устойчивости образца, что актуализирует проведение исследований в отношении к *S. nivalis* в рамках опережающей селекции. При оценке в процессе хранения соотношение различных по устойчивости образцов в коллекционном питомнике по годам варьирует – степень распространения белой гнили изменялась от 18 % до 73 %. Изученные образцы проявили сортоспецифичный характер и различную экологическую изменчивость по признаку устойчивости к белой гнили. По результатам комплексного подхода оценки на устойчивость к белой гнили в условиях *in vivo* и *in vitro* в качестве источников устойчивости выделены II сортообразцов, из которых QSR-34, П-2, Каспий F<sub>1</sub>, CR 1596, Мелло-Йелло F<sub>1</sub>, Октаво F<sub>1</sub> включены в селекционный процесс.

**Ключевые слова:** морковь, болезни, белая гниль, устойчивость, селекция.

**Для цитирования:** Тихонова Т. О., Козарь Е. Г., Енгальчева И. А., Степанов В. А. Скрининг коллекционных образцов моркови столовой и поиск источников устойчивости к белой гнили // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 4 (36). С. 159–173. EDN: KJNHPS. DOI: 10.5281/zenodo.10280831.

**For citation:** Tikhonova T. O., Kozar E. G., Engalycheva I. A., Stepanov V. A. Screening of carrot collection samples and search for sources of white rot resistance // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 4(36). P. 159–173. EDN: KJNHPS. DOI: 10.5281/zenodo.10280831.

### Введение

Морковь столовая – одна из самых популярных и экономически значимых овощных культур, которая является одним из ключевых экспортных товаров для многих стран мира. Одной из основных причин снижения эффективности производства моркови столовой являются потери товарной продукции в результате длительного хранения, которые через три–шесть месяцев хранения могут достигать 25–60 % и выше [1, 2].

Известно, что в период хранения на корнеплодах может присутствовать до 75 % всех фитопатогенных видов микроорганизмов, поражающих культуру моркови столовой [3]. Под влиянием эколого-географических факторов, погодных условий, сортового разнообразия структура популяций патогенов овощных культур ежегодно меняется. Недостаточная изученность видового состава, уровня вирулентности различных фитопатогенов в отношении конкретных сортов и гибридов моркови часто является одной из причин неблагоприятной фитопатологической обстановки в период хранения [4]. Наибольший ущерб корнеплодным культурам в этот период причиняют низкотемпературные склероциальные грибы и грибоподобные организмы, вызывающие болезни кагатной гнили. Возбудители относятся к различным таксономическим группам и имеют общее свойство – адаптированность к холодным условиям окружающей среды.

В период хранения моркови столовой одной из наиболее вредоносных болезней является белая гниль, впервые обнаруженная на культуре в 1837 г. Libert M. A. в Бельгии, а в России в 1904 г. Ячевским А. А. [5, 6]. Основной возбудитель – низкотемпературный психротрофный склероциальный гриб (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary). Другие фитопатогенные представители рода *Sclerotinia* (*S. nivalis*, *S. minor* и *S. trifolium*) также могут вызывать гнили, но они не так экономически значимы для культуры моркови, как *S. sclerotiorum* [7]. Представители рода *Sclerotinia* относятся к семейству Sclerotiniaceae, порядку Helotiales, подклассу Leotiomycetidae, классу Leotiomycetes, подотделу Pezizomycotina, отделу Ascomycota, царству Fungi [8]. По способу питания гриб является широко специализированным патогеном, поражающим более 400 видов растений, в том числе наиболее важные коммерческие культуры из семейств Solanaceae, Cruciferae, Umbelliferae, Asteraceae, Apiaceae, Chenopodiaceae и Leguminosae [9–15].

Развитию заболевания способствует дождливая погода с умеренными температурами. В первую очередь заражению подвергаются травмированные, физиологически не вызревшие, подмерзшие или подвявшие корнеплоды. При хранении инфицированный патогеном корнеплод заражает находящиеся рядом здоровые корнеплоды, поэтому в хранилище заболевание чаще носит очаговый характер, но при неблагоприятных условиях возникает эпифитотия.

Жизненный цикл видов рода *Sclerotinia* моноциклический, так как они не продуцируют вторичные конидии и существует только один цикл размножения путем образования аскоспор (рисунок 1).

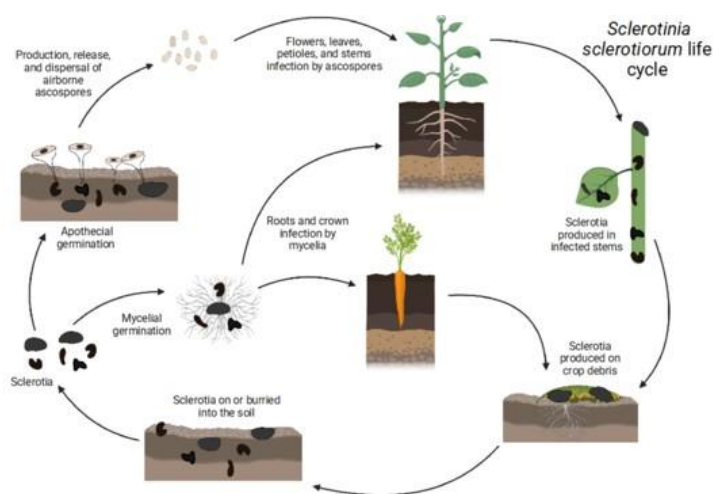


Рисунок 1 – Жизненный цикл *Sclerotinia sclerotiorum* на культуре *Daucus carota* (цит. по [17])

Второй путь размножения – образование склероций трех типов: нормальные черные склероции, аномальные черные склероции и коричневые склероции [15, 16]. Склероции представляют собой зимующие структуры, которые в основном сохраняются на растительных остатках [17]. Мицелий *S. sclerotiorum* также может зимовать в зараженных растениях, но быстро теряет жизнеспособность весной и в начале лета [16]. Исследования показали, что склероции с меланизированной черной клеточной стенкой повышают выживаемость *S. sclerotiorum* при неблагоприятных условиях окружающей среды [17].

Возбудитель способен до 10 лет сохраняться в почве, а по последним исследованиям французских ученых – распространяться воздушным путем на расстоянии до 700 км от места локализации [18]. При склероциях может происходить как половое (карпогенное прорастание), так и бесполое (мицелиогенное прорастание) размножение [19]. Воздушная передача возможна тогда, когда склероции продуцируют апотеции и аскоспоры (карпогенное прорастание), а почвенная – непосредственно склероциями. В данном случае образуется мицелий в присутствии экзогенных питательных веществ (мицелиогенное прорастание), который впоследствии разрушает ткани растений-хозяев [10, 13, 15, 16, 20–22]. Длительное выживание склероций в почве, даже в неблагоприятных условиях, их способность продуцировать аскоспоры, которые могут распространяться ветром, быстрая адаптация патогена к различным мерам борьбы с белой гнилью, затрудняет работу по защите растений [23].

Белая гниль связана со значительными потерями урожая в Австралии, Европе, Африке, Индии и Северной Америке. Например, в Канаде среднегодовая степень распространения склеротиниозной гнили варьирует от 10 % до 20 %, что приводит к 5–10 % потере урожая. В Китае *Sclerotinia* вызывает ежегодное снижение урожая до 10–20 %, а на сильно зараженных полях потери могут достигать 80 % [16]. По данным Станчук А. Э., в условиях республики Беларусь встречаемость белой гнили варьировала от 67,3 до 72,2 % от общего числа пораженных корнеплодов, поэтому в структуре фитопатогенного комплекса она занимала доминирующее положение [24]. Экономический ущерб во всем мире каждый год от белой гнили может достигать сотни миллионов долларов [10, 15, 20]. Так, в США, начиная с 2000 г., ежегодные убытки на культуре моркови составляют около 200 млн долл. [15, 25, 26]. В последние годы в условиях Московской области отмечается нарастание вредоносности и распространения этого возбудителя, вследствие чего потери могут достигать 80 %. Экономическая эффективность хранения моркови столовой определяется урожайностью и уровнем устойчивости сортов и гибридов. При этом по мере увеличения доли пораженных в образце корнеплодов рентабельность реализации после длительного хранения снижается по экспоненте. У неустойчивых образцов при 20 % уровне поражения рентабельность снижается в 2,6 раза, а при 40 % – в 28 раз [27].

Следует отметить, что изменению фитопатологической обстановки способствует то, что наряду с изменениями климата, нарастанием агрессивности местных рас патогенов, происходит интродуцирование новых рас, источником которых является ввозимая в страну товарная продукция, а также семена гибриды зарубежной селекции. Кроме того, иностранные образцы моркови столовой часто проявляют восприимчивость к местным расам фитопатогенов. Поэтому оценка устойчивости современного сортимента сортов и гибридов этой экономически важной овощной культуры с точки зрения рентабельности ее производства, охраны окружающей среды и снижения пестицидной нагрузки является актуальной задачей. Это направление имеет особую ценность также в связи с решением другой проблемы – перманентного поиска источников для создания сортов и гибридов с высокой резистентностью к этой вредоносной болезни, которая до сих пор является трудной задачей в связи со сложным

характером наследования этого признака из-за множества минорных генов, которые вносят свой вклад в устойчивость к *S. sclerotiorum*. Так как отсутствуют полностью иммунные генотипы, селекционеры в основном полагаются на относительную устойчивость моркови, которая может существенно снизить экономические потери производителей [28–30]. Создаваемые совместными усилиями селекционеров, фитопатологов и генетиков продуктивные сорта и гибриды моркови столовой российской селекции, обладающие высокой устойчивостью к местным популяциям фитопатогенов, следует рассматривать не только как основу стратегии интегрированной защиты культуры от болезней, но как поддержку интересов отечественных сельхозпроизводителей в рамках государственной политики импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны.

**Цель исследований** – поиск источников и оценка коллекционного материала моркови столовой на устойчивость к возбудителям белой гнили для селекции на иммунитет.

### Материалы и методы исследований

Экспериментальная часть работы выполнена в 2017–2023 гг. на базе лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФНЦО) в Одинцовском районе Московской области. Объект исследований – морковь столовая (*Daucus carota* L.); изоляты *S. sclerotiorum*, *S. nivalis*, выделенные с пораженных корнеплодов во время хранения. Идентификацию выделенных изолятов по морфолого-культуральным признакам проводили совместно с главным научным сотрудником, заведующим лабораторией защиты растений ФГБУ «Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН», д.б.н. Ткаченко О.Б., используя соответствующие определители [31, 32] и электрофорез глобулинов в полиакриламидном геле [33].

В исследованиях использовали коллекционный материал отечественной и зарубежной селекции. В период с 2017 по 2023 гг. проанализировано 167 сортов и гибридов моркови столовой (2017 г. – 27 образцов, 2018 г. – 18, 2019 г. – 36, 2020 г. – 27, 2021 г. – 18, 2022 г. – 15, 2023 г. – 15. В зависимости от количества образцов в коллекционном питомнике в эти годы всего заложено на хранение и проанализировано от 766 до 1352 корнеплодов. Корнеплоды моркови столовой выращивали по общепринятой для средней полосы РФ технологии, согласно методическим рекомендациям закладки коллекционных питомников [34, 35].

Агрохимическая характеристика почв опытных полей ФНЦО: рН<sub>KCl</sub> – 5,6–6,1 (потенциметрический метод); содержание гумуса 1,8–2,0 % (по Тюрину), подвижный фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 420–480 мг/кг (по Кирсанову), обменный калий (K<sub>2</sub>O) – 165 мг/кг (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011); сумма обменных оснований (S) – 18,9 мг-экв./100 г (трилометрический метод по Каппену-Гильковицу). Погодные условия периода вегетации в разные годы исследований существенно отличались – от относительно засушливого периода в 2018 г. (ГТК <1) до очень влажного в 2020 г. (ГТК >2) (рисунок 2).

Хранили корнеплоды в контейнерах в овощехранилище при температуре 1–2 °С и влажности 90–92 % в течение семи месяцев (со II декады сентября по II декаду апреля).

В работе использованы общие принципы и традиционная схема ведения фитопатологических исследований с целью поиска источников устойчивости к болезням корнеплодных культур, основные этапы которой представлены на рисунке 3.

В условиях естественного инфекционного фона проводили визуальное обследование корнеплодов анализируемых образцов перед закладкой, в период хранения и после него с оценкой степени их общей сохранности и степени поражения возбудителями белой гнили на естественном инфекционном фоне. Учитывали распространенность (Р, %), индекс поражения по пятибалльной шкале (I, балл) и степень

развития болезни (R, %) в пределах каждого образца и всей совокупности проанализированных корнеплодов [36, 37]. Дифференциацию коллекционного материала по группам устойчивости на естественном инфекционном фоне (*in vivo*) проводили в зависимости от показателя распространенности болезни в образце: У – практически устойчивые (P = 0 %), ОУ – относительно устойчивые (P = 1–10 %), СВ – средневосприимчивые (P = 16–25 %) и В – восприимчивые (P > 25 %).

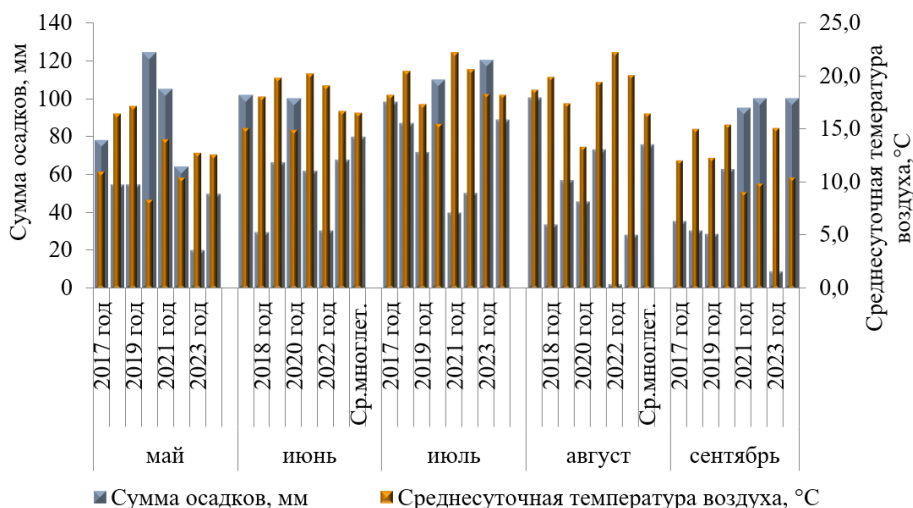


Рисунок 2 – Погодные условия периода исследований

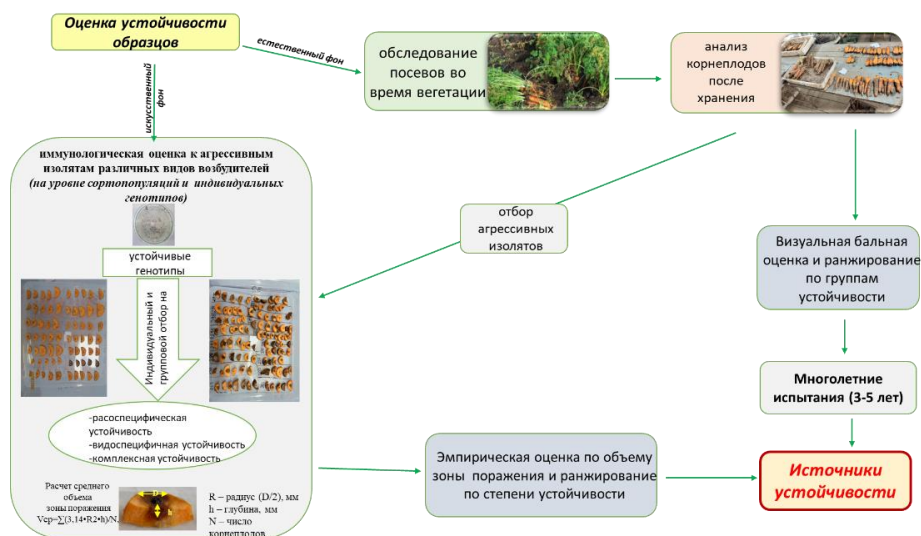


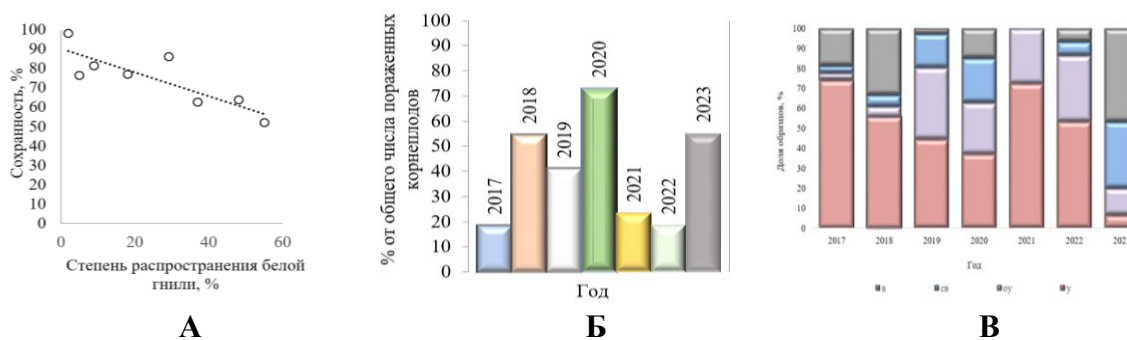
Рисунок 3 – Общая схема оценки коллекционных образцов моркови столовой и выделения источников устойчивости к болезням хранения [34, 36]

Иммунологическую оценку устойчивости *in vitro* проводили в лаборатории путем искусственного заражения дисков бессимптомных корнеплодов в условиях влажной камеры путем нанесения мицелиально-агаровых блоков десятисуточной культуры возбудителя, в контроле – стерильный агаровый блок питательной среды Чапека. Для заражения использовали изоляты видов рода *Sclerotinia* из коллекции лаборатории

иммунитета и защиты растений ФНЦО. Повторность в каждом коллекционном образце десятикратная. Учет степени поражения проводили на седьмые сутки после заражения, измеряя диаметр и глубину зоны поражения. Рассчитывали объем зоны поражения ( $V$ ,  $\text{см}^3$ ), который является наиболее информативным критерием оценки уровня устойчивости генотипов. Стандарт устойчивости – гибрид моркови столовой Надежда  $F_1$ . Ранжирование образцов проводили относительно стандарта устойчивости, выделяя следующие группы: устойчивые (У) – объем поражения на уровне или меньше стандарта, относительно устойчивые (ОУ) – объем поражения не превышает 25 % от стандарта, средневосприимчивые (СВ) – не более 50 % и восприимчивые (В) – более чем в 1,5 раза больше, чем у стандарта. Итоговую оценку и отбор селекционных ценных генотипов на устойчивость к белой гнили корнеплодов проводили на основе анализа всей совокупности данных, полученных в нескольких сериях независимых лабораторных опытов. Обработку данных проводили по соответствующим методам статистического анализа [38] и с использованием программы MS Excel 2010.

### Результаты и их обсуждение

Многолетний мониторинг санитарного состояния корнеплодов моркови столовой на естественном инфекционном фоне после хранения показывает, что среди наиболее вредоносных болезней в условиях Московской области доминирующей является белая гниль, от степени распространения которой зависит процент сохранности корнеплодов (рисунок 4А). Ранжирование образцов по общему показателю доли пораженных корнеплодов с учетом степени ее распространения (Р %) выявило, что в коллекционных питомниках практически каждый год присутствовали образцы всех групп устойчивости (исключение – 2021 г.), но их соотношение, как видно на рисунке 4В, существенно меняется в зависимости от набора анализируемых образцов и условий вегетационного периода и хранения. Эти факторы определяют напряженность естественного инфекционного фона и степень распространения белой гнили, которая в годы исследований изменялась от 18 % до 73 % от общей совокупности проанализированных корнеплодов (рисунок 4Б).



**Рисунок 4 – Вредоносность (А), распространенность белой гнили на корнеплодах (Б) и распределение образцов моркови столовой по группам устойчивости (В) в разные годы исследований**

Спорадический характер развития эпифитотий белой гнили делает проблематичным скрининг на устойчивость в условиях естественного инфекционного фона, так как свой вклад в резистентность к болезням вносит изменчивость других биологических свойств растений в зависимости от условий выращивания (скороспелость, архитектура и габитус растения, физиологические реакции на стрессы, продуктивность и др.), на что указывают в своих работах и другие исследователи [39, 40]. На примере некоторых коллекционных образцов в таблице 1

продемонстрирована высокая экологическая изменчивость этого признака. Характеристика некоторых из них может резко меняться от высокой устойчивости до восприимчивости и наоборот даже в пределах трех лет испытаний, то есть определяется напряженностью инфекционного фона и адаптивной способностью сорта реализовать свой потенциал в конкретных агроклиматических условиях региона и года испытания.

**Таблица 1 – Сохранность и группа устойчивости коллекционных образцов моркови столовой по степени развития белой гнили (\*) в период хранения в разные годы исследований**

Показатель	Лууван			02566-F			Narman- K 2525			Надежда F <sub>1</sub> (St.)		
	2017 г.	2019 г.	2021 г.	2017 г.	2019 г.	2021 г.	2017 г.	2019 г.	2021 г.	2017 г.	2019 г.	2021 г.
Сохранность, %	3	71	64	6	52	78	38	83	78	99	97	93
Степень развития БГ	***	*	-	***	***	-	***	**	-	*	-	-
Группа устойчивости	В	ОУ	У	В	В	У	В	СВ	У	ОУ	У	У

**Примечание.** Степень развития белой гнили: «-» – отсутствие симптомов; \* –  $R \leq 10\%$ ; \*\* –  $10 < R < 25\%$ ; \*\*\* –  $R \geq 25\%$ .

Поэтому объективные данные по уровню устойчивости образца на естественном инфекционном фоне (поле + хранение) дает только многолетняя оценка в условиях разных сред (регионы, годы). По результатам однолетних испытаний можно проводить только негативный отбор восприимчивых генотипов. В результате проведенной работы в качестве источников устойчивости выделено семь образцов моркови столовой различного происхождения и разных групп спелости, корнеплоды которых стабильно в течение трех–пяти лет испытаний на естественном инфекционном фоне не имели признаков поражения корнеплодов белой гнилью (таблица 2).

**Таблица 2 – Характеристика коллекционных образцов со стабильно высокой устойчивостью корнеплодов к белой гнили на естественном фоне (2017-2021 годы)**

Образец	Происхождение (страна, фирма)	Сортотип	Группа спелости	Сохранность, %
QSR-33	-	Нантский	среднеспелый (105–110 дней)	100
QSR-34	-	Нантский	среднеспелый (105–110 дней)	100
Бриллианс F <sub>1</sub>	Nunhems	Нантский	поздний (135 дней)	100
Олимпо F <sub>1</sub>	Vilmorin	Нантский	среднеспелый (105–110 дней)	100
Редсан F <sub>1</sub>	Vejo	Нантский	среднеспелый (105–110 дней)	100
Романс F <sub>1</sub>	Nunhems	Нантский	среднепоздний (120 дней)	100
Элеганс F <sub>1</sub>	Nunhems	Нантский	Среднепоздний (125 дней)	100
Каспий F <sub>1</sub>	Vejo	Шантанэ	среднеспелый (107 суток)	94
Tokushima F <sub>1</sub>	Япония	Шантанэ	ранний (100 суток)	93
Аурантина F <sub>1</sub>	Takii	Куроода/Шантанэ	ранний (95–100 дней)	90
Проминанс F <sub>1</sub>	Takii	Куроода/Шантанэ	среднеспелый (105–110 дней)	89
Хиросима F <sub>1</sub>	Япония	Куроода/Шантанэ	среднеспелый (105–110 дней)	86

Ускорить процесс скрининга и повысить объективность отбора позволяет проведение иммунологической оценки на искусственном инфекционном фоне в теплице или лаборатории (*in vitro*), которая в настоящее время становится неотъемлемой частью методологии селекции на иммунитет [41–43]. Сопоставление результатов весеннего анализа пораженности образцов белой гнилью в хранилище и параллельной иммунологической оценки путем заражения дисков корнеплодов чистой культурой агрессивного изолята *S. sclerotiorum* показало неполное их соответствие (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка коллекционных образцов по устойчивости корнеплодов к белой гнили на естественном и искусственном инфекционном фоне (2020–2023 гг.)

Образец	Происхождение	Сохранность корнеплодов при хранении, %	Белая гниль		
			доля пораженных корнеплодов при хранении, %	группа устойчивости	
				<i>in vivo</i> *	<i>in vitro</i> **
Надежда F <sub>1</sub> (St.)	ФНЦО	96	0	У	У
П-2	-	100	0	У	У
Каспий F <sub>1</sub>	Bejo	94	0	У	У
CR 1596	ВИР	93	0	У	У
Мелло-Йелло F <sub>1</sub>	Bejo	93	0	У	У
Октаво F <sub>1</sub>	Vilmorin	93	0	У	У
Морелия F <sub>1</sub>	RIJK ZWAAN	82	0	У	У
Нерак F <sub>1</sub> В-MAX	Bejo	92	0	У	ОУ
Сильвано F <sub>1</sub>	Vilmorin	94	0	У	СВ
Экстремо F <sub>1</sub>	Vilmorin	88	0	У	СВ
Форвард F <sub>1</sub>	Россия	62	0	У	В
Вайт Сатин F <sub>1</sub>	Bejo	78	0	У	В
Шантанэ 2461	Аэлита	86	1,1	ОУ	ОУ
Престо F <sub>1</sub>	Vilmorin	94	2,4	ОУ	ОУ
Джерада F <sub>1</sub>	RIJK ZWAAN	89	2,8	ОУ	ОУ
Неликс F <sub>1</sub>	Bejo	81	3,1	ОУ	ОУ
CR 1672	ВИР	94	3,2	ОУ	ОУ
Назарет F <sub>1</sub>	Bejo	87	3,2	ОУ	ОУ
Навал F <sub>1</sub>	Bejo	97	2,5	ОУ	ОУ
Vak-70 F <sub>1</sub>	Vilmorin	92	4,2	ОУ	ОУ
Фидра F <sub>1</sub>	RIJK ZWAAN	87	8,3	ОУ	ОУ
ПёрплХейз F <sub>1</sub>	Bejo	92	3,8	ОУ	СВ
CR-1496	ВИР	85	5,3	ОУ	В
Нерак F <sub>1</sub>	Bejo	82	9,1	ОУ	В
Vilmorin spoto 72/1	Vilmorin	78	10,2	СВ	В
Saint Valery	Франция	80	15,0	СВ	СВ
Red Carrot	Vilmorin	76	27,7	В	В
Балтимор F <sub>1</sub>	Bejo	62	29,2	В	В

Так, из 11 образцов без признаков поражения корнеплодов белой гнилью на естественном фоне *in vivo* проявили устойчивость на искусственном фоне *in vitro* на уровне стандарта только шесть, тогда как гибриды Форвард F<sub>1</sub> и Вайт Сатин F<sub>1</sub> по результатам лабораторной оценки вошли в группу восприимчивых образцов. Относительную устойчивость при искусственном заражении показали образцы с уровнем поражения корнеплодов до 5 % в период хранения. Полное совпадение результатов двух параллельных оценок отмечено только в группе восприимчивых образцов, что еще раз подтверждает правомерность проведения их негативного отбора на естественном инфекционном фоне.

С точки зрения селекционной ценности в качестве источников устойчивости к белой гнили можно выделить только пять образцов из этой группы: П-2, Каспий F<sub>1</sub>, CR 1596, Мелло-Йелло F<sub>1</sub>, Октаво F<sub>1</sub>, которые уже включены в селекционный процесс. Исключение составил образец Морелия F<sub>1</sub>, корнеплоды которого имели низкую сохранность и поражались другими возбудителями болезней хранения. Среди коллекционных образцов, проявивших относительную устойчивость к белой гнили при искусственном заражении, определенный интерес могут представлять образцы с



высокой сохранностью корнеплодов, проявившие устойчивость и к другим возбудителям патогенов кагатной гнили корнеплодов, такие как ВАК 70 F<sub>1</sub> и Навал F<sub>1</sub>. Иммунологическая оценка индивидуальных маточных корнеплодов моркови столовой позволяет также выявить гетерогенность различных сортовых, инбредных и гибридных популяций по уровню устойчивости к белой гнили. Это имеет важное значение при работе не только с коллекционными образцами, но и с инбредными потомствами и линейным материалом для селекции на гетерозис, поскольку позволяет повысить результативность отбора устойчивых генотипов.

Кроме широко распространенного возбудителя *S. sclerotiorum*, отмечается возрастание агрессивности другого вида – *S. nivalis*, который впервые был обнаружен в патогенезе белой гнили в 2009 г. Характерной морфологической особенностью *S. sclerotiorum* (рисунок 5А), отличающей ее от *S. nivalis* (рисунок 5Б), является формирование на искусственной питательной среде более крупных склероциев.

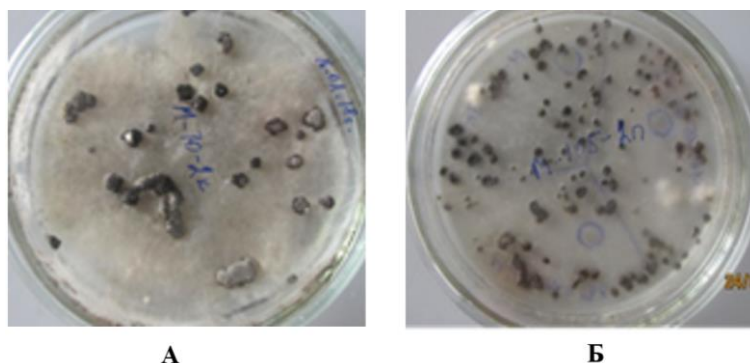


Рисунок 5 – Внешний вид колоний возбудителей белой гнили: А – *S. sclerotiorum*; Б – *S. nivalis*

Вид *S. nivalis* пока не имеет широкого распространения и регистрируется в составе патоконплекса в отдельные годы: в 2018 г. его распространенность на отдельных образцах достигала 16 %, а в 2023 г. – 23 %. При этом в одном образце могут присутствовать корнеплоды, пораженные обоими возбудителями, но в разной степени. Так, например, в образцах № № 9, 16, 20 корнеплоды были более восприимчивы к *S. sclerotiorum*, а в № № 17, 12, 15 – *S. nivalis* (рисунок 6).

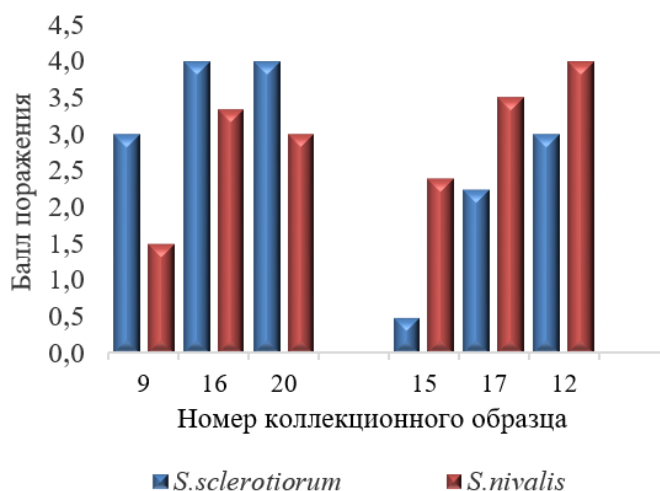


Рисунок 6 – Средний балл поражения корнеплодов разными видами возбудителей белой гнили у коллекционных образцов моркови столовой (2018 г.)

Кроме моркови, участие *S. nivalis* в патогенезе белой гнили в последние годы отмечено и на других корнеплодных культурах, в частности на корнеплодах пастернака посевного и редиса европейского [44]. Это свидетельствует о том, что наиболее агрессивные изоляты этого патогена в дальнейшем должны быть включены в селекционные программы по созданию устойчивых форм этих культур.

#### Выводы

Ежегодный мониторинг развития болезней хранения на культуре моркови столовой показал, что в условиях Московской области распространенность белой гнили в 2017–2023 гг. варьировала от 18 % до 73 %. В зависимости от напряженности естественного инфекционного фона доля устойчивых образцов к возбудителям белой гнили в разные годы составляла от 7 % до 74 %.

В результате многолетних испытаний в качестве источников резистентности к возбудителям белой гнили было выделено 17 образцов различных сортоформ и групп спелости, что составило 10 % от общего числа проанализированных. При естественном распространении инфекции в условиях хранения экологически стабильную устойчивость проявили образцы: QSR-33, QSR-34, Бриллианс F<sub>1</sub>, Олимпо F<sub>1</sub>, Редсан F<sub>1</sub>, Романс F<sub>1</sub>, Элеганс F<sub>1</sub>, Tokushima F<sub>1</sub>, Аурантина F<sub>1</sub>, Проминанс F<sub>1</sub>, Хиросима F<sub>1</sub>, процент сохранности корнеплодов которых был высоким и составил 86–100 %. Высокую устойчивость проявили образцы П-2, CR 1596, Каспий F<sub>1</sub>, Мелло-Йелло F<sub>1</sub>, Октаво F<sub>1</sub>, Морелия F<sub>1</sub>.

К наиболее агрессивным аборигенным изолятам *S. sclerotiorum in vivo* при хранении (сохранность 100 %) и при искусственном заражении в строго контролируемых лабораторных условиях. Данные образцы включены в селекционный процесс по созданию новых линий и гибридов F<sub>1</sub> моркови столовой.

#### Литература

1. Борисов В. А., Романова А. В., Янченко Е. В., Масловский С. А., Андрианов С. А., Янченко А. В., Гренадеров Н. В., Скрипник А. В. Технология хранения и сроки реализации столовых корнеплодов. М.: ВНИИО, 2010. 80 с.
2. Борисов В. А., Романова А. В., Янченко Е. В. Сохраняемость и сроки проявления болезней моркови столовой отечественной и зарубежной селекции // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 11. С. 44–46.
3. Соколова Л. М., Масловский С. А., Панова М. Б., Замятина М. Е., Карпова Н. А. Устойчивость сортообразцов моркови к болезням при хранении в зависимости от инфекционного фона и послеуборочного фитосанитарного состояния растений // Аграрный научный журнал. 2019. № 1. С. 26–31. DOI: 10.28983/asj.v0i1.687.
4. Тимина Л. Т., Енгальцева И. А. Комплекс патогенов на овощных культурах в условиях Центрального региона РФ // Овощи России. 2015. № 3-4. С. 123–129.
5. Fatehpuria P. K., Sasode R. S., Kaurav A. S., Triverdi H., Pandya R. K. Management prospects against stem canker of mustard // In book: Current Research and Innovations in Plant Pathology. New Delhi: AkiNik Publications, 2020. P. 33–34. [Electronic resource]. Access point: [https://www.researchgate.net/profile/T-Suthin-Raj/publication/344224718\\_Current\\_Research\\_and\\_Innovations\\_in\\_Plant\\_Pathology/links/5f5db2384585154dbbce1989/Current-Research-and-Innovations-in-Plant-Pathology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/T-Suthin-Raj/publication/344224718_Current_Research_and_Innovations_in_Plant_Pathology/links/5f5db2384585154dbbce1989/Current-Research-and-Innovations-in-Plant-Pathology.pdf) (references date 20.11.2023).
6. Сазонова Л. В., Власова Э. А. Корнеплодные растения (морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька). Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1990. 296 с.
7. Clarkson J. P., Staveley J., Phelps K., Young C. S., Whipps J. M. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum* // Mycol. Res. 2003. Vol. 107. No. 2. P. 213–222. DOI: 10.1017/s0953756203007159.
8. Index Fungorum. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 20.11.2023).
9. Bolton M. D., Thomma B. P., Nelson B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen // Mol. Plant Pathol. 2006. Vol. 7. No. 1. P. 1–16. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x.
10. Ficker A. L. *Sclerotinia sclerotiorum* impacts on host crops. Author's abstract Diss. ... Dr. Sc. (Agr.). USA: Iowa State University, 2019. 40 p.

11. Gebily D. A., Ghanem G. A., Ragab M. M., Ali A. M., Soliman N. E. D. K., Abd El-Moity T. H. Characterization and potential antifungal activities of three *Streptomyces spp.* as biocontrol agents against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary infecting green bean // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2021. Vol. 31. P. 1–15. DOI: 10.1186/s41938-021-00373-x.
12. Khangura R., Burgel A. J. Foliar fungicides and their optimum timing reduce sclerotinia stem rot incidence, improve yield and profitability in canola (*Brassica napus* L.) // Indian Phytopathology. 2021. Vol. 74. No. 2. P. 549–558. DOI: 10.1007/s42360-021-00321-7.
13. Smolinska U., Kowalska B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* – a review // Journal of Plant Pathology. 2018. Vol. 100. P. 1–12. DOI: 10.1007/s42161-018-0023-0.
14. Williams B., Kabbage M., Kim H. J., Britt R., Dickman M. B. Tipping the balance: *Sclerotinia sclerotiorum* secreted oxalic acid suppresses host defenses by manipulating the host redox environment // PLoS Pathogens. 2011. Vol. 7. No. 6. Art. No. e1002107. DOI: 10.1371/journal.ppat.1002107.
15. Carpenter K. A., Sisson A. J., Kandel Y. R., Ortiz V., Chilvers M. I., Smith D. L., Mueller D. S. Effects of mowing, seeding rate, and foliar fungicide on soybean *Sclerotinia* stem rot and yield // Plant Health Progress. 2021. Vol. 22. No. 2. P. 129–135.
16. Seifbarghi S., Borhan M. H., Wei Y., Coutu C., Robinson, S. J., Hegedus, D. D. Changes in the *Sclerotinia sclerotiorum* transcriptome during infection of *Brassica napus* // BMC Genom. 2017. Vol. 18. Art. No. 266. DOI: 10.1186/s12864-017-3642-5.
17. Albert D., Dumonceaux T., Carisse O., Beaulieu C., Filion M. Combining desirable traits for a good biocontrol strategy against *Sclerotinia sclerotiorum* // Microorganisms. 2022. Vol. 10. No. 6. Art. No. 1189. DOI: 10.3390/microorganisms10061189.
18. Leyronas C., Halkett F., Faloya V. Airborne versus soilborne inoculum: white mould, where do you come from? // Plant Pathology. 2023. Vol. 72. No. 4. P. 677–685. DOI: 10.1111/ppa.13699.
19. Derbyshire M. C., Denton-Giles M. The control of sclerotinia stem rot on oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities // Plant Pathology. 2016. Vol. 65. No. 6. P. 859–877. DOI: 10.1111/ppa.12517.
20. Sharma P., Meena P. D., Verma P. R., Saharan G. S., Mehta N., Singh D., Kumar A. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causing Sclerotinia rot in oilseed Brassicas: a review // Oilseed Brassica. 2016. Vol. 1. No. 2. P. 1–44.
21. Baldrian P., Valaskova V. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi // FEMS microbiol. Rev. 2008. Vol. 32. No. 3. P. 501–521. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2008.00106.x.
22. Heller A., Witt-Geiges, T. Oxalic acid has an additional, detoxifying function in *Sclerotinia sclerotiorum* pathogenesis // PLoS One. 2013. Vol. 8. No. 8. Art. No. e72292. DOI: 10.1371/journal.pone.0072292.
23. Fernando W. G. D., Nakkeeran S., Zhang Y. Ecofriendly methods in combating *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary // Research Signpost. 2004. Vol. 661. P. 329–347. [Electronic resource]. Access point: [https://www.researchgate.net/publication/238111476\\_Ecofriendly\\_methods\\_in\\_combating\\_Sclerotinia\\_sclerotiorum\\_Lib\\_de\\_Bary](https://www.researchgate.net/publication/238111476_Ecofriendly_methods_in_combating_Sclerotinia_sclerotiorum_Lib_de_Bary) (references date 20.11.2023).
24. Станчук А. Э. Распространенность и вредоносность гнилей корнеплодов моркови столовой в условиях Беларуси // Овощеводство. 2019. № 27. С. 232–239.
25. Petrofeza S., Nasser L. C. B. Case study: *Sclerotinia sclerotiorum*: genetic diversity and disease control // In book: The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity. UK: InTech, 2012. P. 275-296. DOI: 10.5772/33780.
26. Smith D., Bradley C., Chilvers M., Esker P., Malvick D., Mueller D., Peltier, A., Sisson A., Wise K., Faske T. White Mold. 2021. [Electronic resource]. Access point: <https://cropprotectionnetwork.org/resources/publications/white-mold> (references date 01.11.2023).
27. Engalycheva I. A., Kozar E. G., Stepanov V. A., Sirota S.M., Soldatenko A. V. Resistance of carrots to diseases as a factor of increasing production profitability // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. “Sustainable and Innovative Development in the Digital Age”. 2021. Vol. 650. Art. No. 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012054.
28. Reich J., Chatterton S. Predicting field diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum*: A review // Plant Pathology. 2023. Vol. 72. No. 1. P. 3–18.
29. Miklas P. N., Porter L. D., Kelly J. D., Myers, J. R. Characterization of white mold disease avoidance in common bean // European Journal of Plant Pathology. 2013. Vol. 135. P. 525–543. DOI: 10.1007/s10658-012-0153-8.
30. Wang Z., Ma L. Y., Cao J., Li Y. L., Ding L. N., Zhu K. M., Yang Y. H., Tan X. L. Recent advances in mechanisms of plant defense to *Sclerotinia sclerotiorum* // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. Art. No. 1314. DOI: 10.3389/fpls.2019.01314.
31. Пидопличко Н. М. Грибы паразиты культурных растений. Т. 2. Киев: Наукова думка, 1977. 299 с.

32. Левкина Л. М. Род *Alternaria* Nees // В кн.: Новое в систематике и номенклатуре грибов // Под ред. Дьякова Ю. Т., Сергеева Ю. В. М.: Национальная академия микологии, 2003. С. 276–303.
33. Ткаченко О. Б., Новожилова О. А., Тимина Л. Т. Возбудители низкотемпературных склероциальных гнилей моркови при хранении // Иммунопатология. 2009. № 1. С. 107–108.
34. Буренин В. И., Пивоварова Н. С., Власова Э. А. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов. Л.: БИ, 1977. 88 с.
35. Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений (морковь, свёкла, редис, дайкон, редька, репа, брюква, пастернак) // Под ред. Пивоварова В. Ф., Бунина М. С. М.: РАСХН, 2003. 284 с.
36. Билай В. И., Элланская И. А. Основные микологические методы в фитопатологии. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.
37. Самохвалов А. Н. Методы селекции овощных растений на устойчивость к болезням. М. ВНИИССОК, 1997. 205 с.
38. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
39. Nelson B. D., Helms T. C., Olson M. A. Comparison of laboratory and field evaluations of resistance in soybean to *Sclerotinia sclerotiorum* // Plant Disease. 1991. Vol. 75. P. 662–665. DOI: 10.1094/PD-75-0662.
40. Kim H. S., Diers B. W. Inheritance of partial resistance to *Sclerotinia* stem rot in soybean // Crop Science. 2000. Vol. 40. No. 1. P. 55–61. DOI: 10.2135/cropsci2000.40155x.
41. Whipps J. M., Budge S. P., Mc Clement, S., Pink, D.A.C. A glasshouse cropping method for screening lettuce lines for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* // European Journal of Plant Pathology. 2002. Vol. 108. P. 373–378. DOI: 10.1023/A:1015637018474.
42. Piszczek J., Czekalska A. Resistance of *Cercospora beticola* Sacc. to fungicides used against this pathogen in Poland // Progress in Plant Protection. 2006. Vol. 46. No. 1. P. 375–379.
43. Zhao J., Peltier A. J., Meng J., Osborn T. C., Grau C. R. Evaluation of sclerotinia stem rot resistance in oilseed *Brassica napus* using a petiole inoculation technique under greenhouse conditions // Plant Disease. 2004. Vol. 88. No. 9. P. 1033–1039. DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.9.1033.
44. Engalycheva I., Kozar E., Ushakov A. Cornerstone of strategy aimed at creation of resistant variants of carrot (*Daucus carota* L.) to white and gray rot pathogens at the Federal Scientific Vegetable Center (FGBNU FNCO, Russia) // Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium “AgroSym 2019”. Jahorina (Bosnia and Herzegovina), 2019. P. 1090–1098.

## References

1. Borisov V. A., Romanova A. V., Yanchenko E. V., Maslovsky S. A., Andrianov S. A., Yanchenko A. V., Grenaderov N. V., Skripnik A. V. Storage technology and terms of realization of table root crops. Moscow: All-Russian Research Institute of Vegetable Crops (VNIIO), 2010. 80 p.
2. Borisov V. A., Romanova A. V., Yanchenko E. V. Keeping quality and timing of the disease carrots dining domestic and foreign selection // Storage and Processing of Farm Products. 2012. No. 11. P. 44–46.
3. Sokolova L. M., Maslovsky S. A., Panova M. B., Zamyatina M. E., Karpova N. A. Stability of carrots collection for diseases in storage depending on infectious and post-temporary phytosanitary status of plants // The Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 1. P. 26–31. DOI: 10.28983/asj.v0i1.687.
4. Timina L. T., Engalycheva I. A. Complex of pathogens on vegetable crops in conditions of Central region of Russia // Vegetable Crops of Russia. 2015. No. 3–4. P. 123–129.
5. Fatehpuria P. K., Sasode R. S., Kaurav A. S., Triverdi H., Pandya R. K. Management prospects against stem canker of mustard // In book: Current Research and Innovations in Plant Pathology. New Delhi: AkiNik Publications, 2020. P. 33–34. [Electronic resource]. Access point: [https://www.researchgate.net/profile/T-Suthin-Raj/publication/344224718\\_Current\\_Research\\_and\\_Innovations\\_in\\_Plant\\_Pathology/links/5f5db2384585154dbbce1989/Current-Research-and-Innovations-in-Plant-Pathology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/T-Suthin-Raj/publication/344224718_Current_Research_and_Innovations_in_Plant_Pathology/links/5f5db2384585154dbbce1989/Current-Research-and-Innovations-in-Plant-Pathology.pdf) (references date 20.11.2023).
6. Sazonova L. V., Vlasova E. A. Root plants (carrot, celery, parsley, parsnip, radish, radishes). Leningrad: Agrompromizdat. Leningrad Branch, 1990. 296 p.
7. Clarkson J. P., Staveley J., Phelps K., Young C. S., Whipps J. M. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum* // Mycol. Res. 2003. Vol. 107. No. 2. P. 213–222. DOI: 10.1017/s0953756203007159.
8. Index Fungorum. [Electronic resource]. Access point: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=212553> (references date 20.11.2023).
9. Bolton M. D., Thomma B. P., Nelson B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen // Mol. Plant Pathol. 2006. Vol. 7. No. 1. P. 1–16. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x.
10. Ficker A. L. *Sclerotinia sclerotiorum* impacts on host crops. Author’s abstract Diss. ... Dr. Sc. (Agr.). USA: Iowa State University, 2019. 40 p.

11. Gebily D. A., Ghanem G. A., Ragab M. M., Ali A. M., Soliman N. E. D. K., Abd El-Moity T. H. Characterization and potential antifungal activities of three *Streptomyces spp.* as biocontrol agents against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary infecting green bean // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2021. Vol. 31. P. 1–15. DOI: 10.1186/s41938-021-00373-x.
12. Khangura R., Burgel A. J. Foliar fungicides and their optimum timing reduce sclerotinia stem rot incidence, improve yield and profitability in canola (*Brassica napus* L.) // Indian Phytopathology. 2021. Vol. 74. No. 2. P. 549–558. DOI: 10.1007/s42360-021-00321-7.
13. Smolinska U., Kowalska B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* – a review // Journal of Plant Pathology. 2018. Vol. 100. P. 1–12. DOI: 10.1007/s42161-018-0023-0.
14. Williams B., Kabbage M., Kim H. J., Britt R., Dickman M. B. Tipping the balance: *Sclerotinia sclerotiorum* secreted oxalic acid suppresses host defenses by manipulating the host redox environment // PLoS Pathogens. 2011. Vol. 7. No. 6. Art. No. e1002107. DOI: 10.1371/journal.ppat.1002107.
15. Carpenter K. A., Sisson A. J., Kandel Y. R., Ortiz V., Chilvers M. I., Smith D. L., Mueller D. S. Effects of mowing, seeding rate, and foliar fungicide on soybean *Sclerotinia* stem rot and yield // Plant Health Progress. 2021. Vol. 22. No. 2. P. 129–135.
16. Seifbarghi S., Borhan M. H., Wei Y., Coutu C., Robinson, S. J., Hegedus, D. D. Changes in the *Sclerotinia sclerotiorum* transcriptome during infection of *Brassica napus* // BMC Genom. 2017. Vol. 18. Art. No. 266. DOI: 10.1186/s12864-017-3642-5.
17. Albert D., Dumonceaux T., Carisse O., Beaulieu C., Filion M. Combining desirable traits for a good biocontrol strategy against *Sclerotinia sclerotiorum* // Microorganisms. 2022. Vol. 10. No. 6. Art. No. 1189. DOI: 10.3390/microorganisms10061189.
18. Leyronas C., Halkett F., Faloya V. Airborne versus soilborne inoculum: white mould, where do you come from? // Plant Pathology. 2023. Vol. 72. No. 4. P. 677–685. DOI: 10.1111/ppa.13699.
19. Derbyshire M. C., Denton-Giles M. The control of sclerotinia stem rot on oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities // Plant Pathology. 2016. Vol. 65. No. 6. P. 859–877. DOI: 10.1111/ppa.12517.
20. Sharma P., Meena P. D., Verma P. R., Saharan G. S., Mehta N., Singh D., Kumar A. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causing Sclerotinia rot in oilseed Brassicas: a review // Oilseed Brassica. 2016. Vol. 1. No. 2. P. 1–44.
21. Baldrian P., Valaskova V. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi // FEMS microbiol. Rev. 2008. Vol. 32. No. 3. P. 501–521. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2008.00106.x.
22. Heller A., Witt-Geiges, T. Oxalic acid has an additional, detoxifying function in *Sclerotinia sclerotiorum* pathogenesis // PLoS One. 2013. Vol. 8. No. 8. Art. No. e72292. DOI: 10.1371/journal.pone.0072292.
23. Fernando W. G. D., Nakkeeran S., Zhang Y. Ecofriendly methods in combating *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary // Research Signpost. 2004. Vol. 661. P. 329–347. [Electronic resource]. Access point: [https://www.researchgate.net/publication/238111476\\_Ecofriendly\\_methods\\_in\\_combating\\_Sclerotinia\\_sclerotiorum\\_Lib\\_de\\_Bary](https://www.researchgate.net/publication/238111476_Ecofriendly_methods_in_combating_Sclerotinia_sclerotiorum_Lib_de_Bary) (references date 20.11.2023).
24. Stanchuk A. E. Incidence and harmfulness of rots of garden carrot root crops in the conditions of Belarus // Vegetable Growing. 2019. No. 27. P. 232–239.
25. Petrofeza S., Nasser L. C. B. Case study: *Sclerotinia sclerotiorum*: genetic diversity and disease control // In book: The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity. UK: InTech, 2012. P. 275-296. DOI: 10.5772/33780
26. Smith D., Bradley C., Chilvers M., Esker P., Malvick D., Mueller D., Peltier, A., Sisson A., Wise K., Faske T. White Mold. 2021. [Electronic resource]. Access point: <https://cropprotectionnetwork.org/resources/publications/white-mold> (references date 01.11.2023).
27. Engalycheva I. A., Kozar E. G., Stepanov V. A., Sirota S.M., Soldatenko A. V. Resistance of carrots to diseases as a factor of increasing production profitability // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. “Sustainable and Innovative Development in the Digital Age”. 2021. Vol. 650. Art. No. 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012054.
28. Reich J., Chatterton S. Predicting field diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum*: A review // Plant Pathology. 2023. Vol. 72. No. 1. P. 3–18.
29. Miklas P. N., Porter L. D., Kelly J. D., Myers, J. R. Characterization of white mold disease avoidance in common bean // European Journal of Plant Pathology. 2013. Vol. 135. P. 525–543. DOI: 10.1007/s10658-012-0153-8.
30. Wang Z., Ma L. Y., Cao J., Li Y. L., Ding L. N., Zhu K. M., Yang Y. H., Tan X. L. Recent advances in mechanisms of plant defense to *Sclerotinia sclerotiorum* // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. Art. No. 1314. DOI: 10.3389/fpls.2019.01314.
31. Pidoplichko N. M. Fungi parasites of cultivated plants. Vol. 2. Kiev: Naukova dumka, 1977. 299 p.
32. Levkina L. M. The genus *Alternaria* Nees // In book: New in systematics and nomenclature of fungi // Ed. by Dyakov Yu. T., Sergeev Yu.V. Moscow: National Academy of Mycology, 2003. P. 276–303.

33. Tkachenko O. B., Novozhilova O. A., Timina L. T. The causative agents of low-temperature sclerotial rots of carrots during storage // *Immunopathology*. 2009. No. 1. P. 107–108.
34. Burenin V. I., Pivovarova N. S., Vlasova E. A. Methodical guidelines for the study and maintenance of the world collection of root crops. Leningrad: w/o publisher, 1977. 88 p.
35. Methods of selection and seed production of vegetable root crops (carrot, beet, radishes, daikon, radish, turnip, rutabaga, parsnip) // Ed. by Pivovarov V. F., Bunin M. S. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences (RASKhN), 2003. 284 p.
36. Bilay V. I., Ellanskaya I. A. Basic mycological methods in phytopathology. Methods of experimental mycology. Kiev: Naukova dumka, 1982. 552 p.
37. Samokhvalov A. N. Methods of selection of vegetable plants for resistance to diseases. Moscow. All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (VNISSOK), 1997. 205 p.
38. Dospekhov B. A. Methods of field research: with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
39. Nelson B. D., Helms T.C., Olson M. A. Comparison of laboratory and field evaluations of resistance in soybean to *Sclerotinia sclerotiorum* // *Plant Disease*. 1991. Vol. 75. P. 662–665. DOI: 10.1094/PD-75-0662.
40. Kim H. S., Diers B. W. Inheritance of partial resistance to sclerotinia stem rot in soybean // *Crop Science*. 2000. Vol. 40. No. 1. P. 55–61. DOI: 10.2135/cropsci2000.40155x.
41. Whipps J. M., Budge S. P., Mc Clement, S., Pink, D.A.C. A glasshouse cropping method for screening lettuce lines for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* // *European Journal of Plant Pathology*. 2002. Vol. 108. P. 373–378. DOI: 10.1023/A:1015637018474.
42. Piszczek J., Czekalska A. Resistance of *Cercospora beticola* Sacc. to fungicides used against this pathogen in Poland // *Progress in Plant Protection*. 2006. Vol. 46. No. 1. P. 375–379.
43. Zhao J., Peltier A. J., Meng J., Osborn T. C., Grau C. R. Evaluation of sclerotinia stem rot resistance in oilseed *Brassica napus* using a petiole inoculation technique under greenhouse conditions // *Plant Disease*. 2004. Vol. 88. No. 9. P. 1033–1039. DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.9.1033.
44. Engalycheva I., Kozar E., Ushakov A. Cornerstone of strategy aimed at creation of resistant variants of carrot (*Daucus carota* L.) to white and gray rot pathogens at the Federal Scientific Vegetable Center (FGBNU FNCO, Russia) // *Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium “AgroSym 2019”*. Jahorina (Bosnia and Herzegovina), 2019. P. 1090–1098.

UDC 635.132:631.527:632.4

Tikhonova T. O., Kozar E. G., Engalycheva I. A., Stepanov V. A.

### SCREENING OF CARROT COLLECTION SAMPLES AND SEARCH FOR SOURCES OF WHITE ROT RESISTANCE

**Summary.** *White rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) is one of the most damaging diseases of table carrots during storage. This research aimed to evaluate the collection material of table carrots (*Daucus carota* L.) in terms of its resistance to white rot pathogens. The experimental part of the work was carried out in 2017–2023 at the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center”; two laboratories (Molecular Immunological Research, Breeding and Seed Production of Edible Root Crops) were involved in the research. Material for research – 167 modern varieties and hybrids of carrots of domestic and foreign breeding. During storage, we evaluated the studied varieties by determining the degree of damage caused by white rot and assessing the resistance of *D. carota* to this pathogen in vitro by artificial infection of root discs. In the course of our research, we revealed that *Sclerotinia sclerotiorum* is the most harmful pathogen in the pathogenesis of white rot in the Moscow region. The distribution of *Sclerotinia nivalis* is sporadic (16–23 %, depending on the year and sample resistance), which emphasizes the need for further research on this pathogen in the context of advanced breeding. Proportion of differently resistant samples from the collection nursery varied annually – the degree of damage by white rot varied from 18 to 73 %. Furthermore, the studied samples demonstrated varietal specificity and ecological variability in terms of resistance to white rot. Following a comprehensive in vivo and in vitro evaluation for white rot resistance, 11 varieties have been identified as sources of resistance to the pathogen, of which ‘QSR-34’, ‘P-2’, ‘Caspiy F<sub>1</sub>’, ‘CR 1596’, ‘Mello-Yello F<sub>1</sub>’, ‘Octavo F<sub>1</sub>’ are currently included in the breeding process.*

**Keywords:** *Daucus carota L., diseases, white rot, resistance, breeding.*

Тихонова Татьяна Олеговна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; 143072, Россия Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; e-mail: tat-paslova94@yandex.ru.

Козарь Елена Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; 143072, Россия Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; e-mail: kozar\_eg@mail.ru.

Енгальчева Ирина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, зав. лаборатории молекулярно-иммунологических исследований ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; 143072, Россия Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; e-mail: engirina1980@mail.ru.

Степанов Виктор Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; 143072, Россия Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14; e-mail: vstepanov8848@mail.ru.

Tikhonova Tatyana Olegovna, postgraduate student, junior researcher at the Laboratory of molecular immunological research, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center” (FSBSI FSVC); 14, Selektionnaya str., village of VNISSOK, Odintsovsky district, Moscow region, 143072, Russia; email: tat-paslova94@yandex.ru.

Kozar Elena Georgievna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher at the Laboratory of molecular immunological research, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center” (FSBSI FSVC); 14, Selektionnaya str., village of VNISSOK, Odintsovsky district, Moscow region, 143072, Russia; email: kozar\_eg@mail.ru.

Engalycheva Irina Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher at the Laboratory of molecular immunological research, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center” (FSBSI FSVC); 14, Selektionnaya str., village of VNISSOK, Odintsovsky district, Moscow region, 143072, Russia; email: engirina1980@mail.ru.

Stepanov Viktor Alekseevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher head of the Laboratory of breeding and seed production of edible root crops, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center” (FSBSI FSVC); 14, Selektionnaya str., village of VNISSOK, Odintsovsky district, Moscow region, 143072, Russia; email: vstepanov8848@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.10.2023*

*Дата принятия к печати – 20.11.2023*