

Подбор исходного материала свеклы столовой на устойчивость к церкоспорозу

Selection of red beet seed material for resistance to cercospora leaf spot

Тимакова Л.Н.

Аннотация

Церкоспороз, вызываемый грибом *Cercospora beticola*, – распространенное заболевание столовой свеклы, приводящее к значительным потерям урожая — до 30-40% в обычные годы и до 50% в периоды эпифитотий. В связи с изменением климата и использованием восприимчивых гибридов зарубежной селекции проблема устойчивости к этому заболеванию становится особенно актуальной. Цель исследования заключалась в оценке устойчивости инбредных линий столовой свеклы к церкоспорозу в полевых условиях и отбору наиболее устойчивых образцов. Линии свеклы столовой на устойчивость к церкоспорозу оценивали в условиях открытого грунта на базе Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиале ФГБНУ ФНЦО (Московская обл.). В статье представлены результаты исследований нескольких лет (2018, 2020, 2022, 2024 годы) с использованием пятибалльной шкалы поражения. Объектом исследований были одноростковые инцухт-линии 1-6 поколений, источниками которых стали сорта Хавская, Креолка, Монополи, Модана, 594, гибриды Ред Марио, Монти, Ред Ариас. Оценка линий свеклы столовой за три года исследований выявила нестабильность проявления признака устойчивости у линий 708, 713, 715, 736. Наиболее стабильный средний балл поражения по годам отмечен у линий 714, 734, 790 и 805. В качестве исходного материала в результате отбора выделены линии (№713, 714, 715, 734), обладающие повышенной устойчивостью к церкоспорозной пятнистости. Выявлено, что устойчивые линии могут расщепляться на восприимчивые формы, что подчеркивает необходимость постоянного отбора.

Ключевые слова: столовая свекла, церкоспороз, устойчивость, селекция, лабораторные методы, полевые испытания.

Для цитирования: Тимакова Л.Н. Подбор исходного материала свеклы столовой на устойчивость к церкоспорозу // Картофель и овощи. 2020. №8. С. 54-57. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.49.25.006>

Timakova L.N.

Abstract

Cercospora beticola is a common disease of table beet, causing significant losses of the crop - up to 30-40% in normal years and up to 50% in periods of epiphytotics. Due to climate change and the use of susceptible hybrids of foreign breeding, the problem of resistance to this disease becomes especially relevant. The purpose of the study was to assess the resistance of inbred lines of table beet to cercospora leaf spot in field conditions and to select the most resistant samples. The assessment of table beet varieties for resistance to cercospora leaf spot was carried out in open-field conditions at the All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, a branch of the Federal Research Center for Vegetable Growing (Moscow Region). The article presents the results of several years of research (2018, 2020, 2022, and 2024) using a 5-point scale of damage. The object of the research was single-sprout inbred lines of 1-6 generations, the sources of which were the varieties Khavskaya, Kreolka, Monopoli, Modana, 594, hybrids Red Mario, Monty, Red Arias. An evaluation of beetroot lines over a 3-year period revealed instability in the expression of the resistance trait in lines 708, 713, 715, and 736. The most stable average damage score over the years was observed in lines 714, 734, 790, and 805. As a result of selection, lines (Nos. 713, 714, 715, and 734) with increased resistance to cercospora leaf spot were isolated as starting material. It was found that resistant lines can split into susceptible forms, emphasizing the need for ongoing selection.

Key words: table beet, cercospora leaf spot, resistance, breeding, laboratory methods, field trials.

For citing: Timakova L.N. Selection of red beet seed material for resistance to cercospora leaf spot. Potato and vegetable. 2025. No8. Pp. 54-57. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.49.25.006> (In Russ.).

Церкоспорозная пятнистость, вызываемая грибом *Cercospora beticola*, представляет собой серьезную угрозу для выращивания столовой свеклы во всем мире. Это заболевание распространено повсеместно и приводит к значительным потерям урожая — до 30–40% в обычные годы и до 50% и более в периоды эпифитотий [1]. В последние годы вредоносность церкоспороза усилилась, что связано как с изменением климатических условий, так и с активным использованием зарубежных гибридов, которые часто оказываются восприимчивыми к заболеванию и обладают плохой лежкостью корнеплодов [2,3,4]. Возбудитель заболевания –

гриб *Cercospora beticola* Sacc. Оптимальные условия для его развития: температура 25–28 °С (ночью выше 15 °С, днем выше 20 °С), влажность воздуха выше 70 %. Конидии прорастают на листьях при наличии капельно-жидкой влаги (роса, дождь) за несколько ночных часов и внедряются в открытые устьица. Дальнейший рост мицелия проходит в подустьичном пространстве и в близлежащих клетках. Гриб, с помощью токсина группы бетиколинов начинает разрушать хлорофилл в листовой пластинке, лист приобретает желтую окраску, идет отмирание всего листа (рис. 1). Пораженное растение стремится максимально быстро восстановить фотосинтетическую

Таблица 1. Средний балл поражения листовой розетки свеклы столовой во время вегетации растений (2018, 2020, 2022 годы)

Номер линии	2018 год		2020 год		2022 год		
	распространенность болезни, р%	средний балл поражения	распространенность болезни, р%	средний балл поражения	распространенность болезни, р%		средний балл поражения
					среднее	min-max	
708	100	2,5	13,3	0,13	79,5	50-100	0,8
713	100	1,0	0	0	50	0-100	0,7
714	100	1,0	40	0,8	71,3	50-100	0,8
715	100	1,5	18-100	0,2-1,0	85,3	87-100	0,96
734	100	1,5	39,8	0,5	57,5	25-90	0,5
736	80	0,8	20	0,4	90	60-100	0,9
739	50	0,5	13	0,1	44,3	14,5-100	0,4
790	30	0,3	6	0,1-0,2	20	0-100	0,2
805	50	0,5	13-26,7	0,1-0,3	40	30-50	0,4
Средняя	78,8	1,1		0,3			0,6

поверхность, происходит нарастание новых листьев на которое расходуются накопленные в корнеплоде сахара. В результате снижается сахаристость корнеплодов, за счет активного нарастания новых листьев вытягивается головка корнеплода, что снижает технологические качества культуры [5, 6, 7, 8].

Гриб *C. beticola* поражает различные виды свеклы (столовую, сахарную, кормовую), а также мангольд, шпинат и многочисленные сорные растения из семейства Маревых. Зимует грибок в виде мицелия и стромовидных образований на сохраняющихся растительных остатках. Корнеплоды, зараженные церкоспорозом более подвержены кагатным гнилям во время хранения [9, 10, 11]. Возбудитель *C. beticola* отличается высокой изменчивостью, включая множество патотипов и рас, что осложняет селекционную работу, направленную на устойчивость к заболеванию [12, 13, 14]. Для минимизации пестицидной нагрузки в агроценозах требуется использования сортов свеклы столовой с генетической устойчивостью к патогенам. Селекционная работа на устойчивость к церкоспорозу во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО, базируется на отборе перспективных линий в условиях естественного инфекционного фона. Цель исследований – провести иммунологический анализ линий свеклы столовой в полевых условиях для отбора устойчивого материала и включения его в дальнейший селекционный процесс создания межлинейных гибридов F₁, устойчивых к церкоспорозу.

Условия, материалы и методы исследований

Сортообразцы свеклы столовой на устойчивость к церкоспорозу оценивали в полевых условиях в 2018-2024 годах на базе Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиале ФГБНУ ФНЦО (Московская обл.). Почва опытного участка относится к типу аллювиальных луговых, среднесуглинистая, насыщенная, влагоемкая. Глубина пахотного слоя – 27 см, глубина залегания грунтовых вод – более 2 м. Отличается высоким содержанием гумуса – 3,5–3,8%, близким к нейтральной реакцией солевой вытяжки – 5,5–6,1, общего азота – 0,19–0,24%, нитратного азота – 2,0–2,8 мг/100 г, содержание подвижных форм фосфора – 17,6–19,1 мг/100 г, калия – 7,0–8,2 мг/100 г соответственно.

В период проведения исследований отмечалась значительная изменчивость погодных условий. В

2018 году вегетационный период свеклы столовой характеризовался устойчивой теплой и солнечной погодой с неравномерным распределением осадков. Среднемесячная температура в июле-августе колебалась в пределах 20–25°C. Первые признаки церкоспороза на посевах столовой свеклы появились в начале июля, а к завершению вегетации распространенность болезни достигала 100%.

В 2020 году климатические параметры в целом способствовали развитию патогена. Повышенное количество осадков в мае-июле (значительно выше средних многолетних значений) привело к раннему проявлению симптомов болезни уже во второй половине июня. Однако снижение количества осадков в августе (на 30-60% ниже нормы) ограничило распространение церкоспороза в конце вегетационного периода.

Наиболее засушливые условия наблюдались в 2022 году. Дефицит осадков составил: июнь – 49,2%, июль – 12,2%, август – 80,1% от средних многолетних показателей. Одновременно отмечалось стабильное превышение температурной нормы с середины июня до конца августа. Такие экстремальные погодные условия существенно подавляли развитие патогена.

Высокая обеспеченность атмосферными осадками в 2024 г способствовала раннему проявлению церкоспороза на листьях свеклы столовой (1-2 декада июля). Сухая и жаркая погода в августе не позволила дальнейшему распространению заболевания.

Объектом исследований были одноростковые инцухт линии 1-6 поколений, источниками которых



Рис. 1. Симптомы церкоспороза на листьях свеклы столовой

Таблица 2. Характеристика линий свеклы столовой по устойчивости к церкоспорозу. 2024 год

Номер линии	05.07.2024		24.07.24		06.09.24	
	индекс поражения, балл	распространенность, %	индекс поражения, балл	распространенность, %	индекс поражения, балл	распространенность, %
708	0,1	10	0,2	20	0,2	20
713	0,2	20	0,2	20	0,9	90
714	0,1	10	0,1	10	0,1	10
715	0,15	15	0,15	15	0,15	15
734	0,15	15	0,15	15	0,1	10
398	0,2	20	0,2	20	0,6	60
402	0,1	20	0,5	55	1,2	100
410	0,1	10	0,1	10	1,1	100

стали сорта Хавская (№708, 713), Креолка (714, 715), Монополи (734, 736), Модана (805), 594 (739, 790).

Посев семян осуществляли в третьей декаде мая. Анализ степени поражения листовой розетки церкоспорозом выполняли методом визуальной диагностики в период достижения корнеплодов технической спелости. Для количественной оценки интенсивности заболевания применяли общепринятую 5-бальную шкалу, разработанную ВНИИЗР [15].

Результаты исследований

В 2018 году проведена первичная фитопатологическая оценка инбредных линий столовой свеклы (поколения I₁-I₆) на восприимчивость к *Cercospora beticola* (табл. 1). Полученные данные демонстрируют существенные различия в степени поражения исследуемых генотипов.

Исследования в 2018 году выявили, что все изученные образцы столовой свеклы поражались церкоспорозом. При этом распространенность болезни существенно варьировала между генотипами. Так наибольшая восприимчивость отмечена у линии 708, распространенность болезни 100%, средний балл поражения 2,5 (по 5-бальной шкале). В группе образцов (№ 713, 714, 715, 734) все растения поражались церкоспорозом, но балл поражения не превышал 1,5. Незначительное поражение листовой розетки церкоспорозом отмечено у номера 790 (табл. 1). Средний показатель поражения церкоспорозом по всем исследованным образцам в 2018 году составил 1,1 балла.

Отбор менее поражаемых растений в каждой линии позволил добиться значительного прогресса в повышении устойчивости изучаемого материала. Средний балл поражения снизился с 1,1

(2018 год) до 0,3 (2020 год). Не выявлено признаков поражения листовой розетки возбудителем *C. beticola* у линии 713. Единичные пятна церкоспороза на листовой пластинке (балл поражения 0,1) отмечены у группы образцов № 739, 790, 805. Наибольший балл поражения отмечен у линий 714 (0,8) и 715 (1,0), полученных из сортопопуляции сорта Креолка. Оценка линий свеклы столовой за три года исследований выявила нестабильность проявления признака устойчивости к церкоспорозу в потомстве. Так, у линий 708, 713, 715 (рис. 2), 736 от практически устойчивых форм (в 2020 году) в результате расщепления появляются слабовосприимчивые (0,5-1,0 балла в 2022 году). Наиболее стабильный средний балл поражения по годам отмечен у линий 714, 734 (рис. 3), 790 и 805.

Селекционная работа со свеклой столовой ведется не только на устойчивость к церкоспорозу, но и на высокую продуктивность в сочетании с высоким качеством получаемой продукции и хорошей лежкостью корнеплодов. В результате комплексной селекционной работы со столовой свеклой к 2024 году только 6 из 9 исследуемых линий соответствовали всем поставленным требованиям, остальные 3 линии были отбракованы. В 2024 году в селекционный питомник дополнился линиями первого поколения, источниками которых являлись гибриды Ред Марио (398), Монти (402) и Ред Ариас (410) (табл. 2).

Оценку образцов на пораженность церкоспорозом в 2024 году проводили трижды за период вегетации культуры: во время активного нарастания листовой розетки, начала формирования корнеплода и в фазу технической спелости.

Погодные условия 2024 года способствовали раннему проявлению признаков заболевания.



Рис. 2. Линия свеклы столовой №715, толерантная к поражению церкоспорозом



Рис. 3. Линия свеклы столовой №734, толерантная к поражению церкоспорозом

Церкоспорозная пятнистость на листовой пластинке отмечена в начале июля. Балл поражения не превышал 0,2 (единичные пятна на листовой пластинке). Сухая теплая погода стала сдерживающим фактором для дальнейшего распространения болезни. Причем низкий балл поражения отмечен как у линий, у которых произведен отбор, так и у линий, не подвергавшихся отбору по устойчивости к болезни. Лишь к периоду уборки корнеплодов отмечена различная восприимчивость к церкоспорозу селекционного материала. Так, №708, 714, 715, 734 отмечены как практически устойчивые с индексом поражения 0,2 балла и менее. Индекс

поражения линий первого поколения (№398, 402, 410) и №713 находится в пределах 0,6-1,2 балла с распространенностью от 60 до 100% и характеризуются как слабовосприимчивые.

Выводы

В процессе селекционной работы выделены линии (№708, 714, 715, 734) устойчивые к церкоспорозной пятнистости. Выявлено, что для поддержания линий, устойчивых к церкоспорозу, необходимо вести постоянный и тщательный отбор селекционного материала.

Библиографический список

1. *Cercospora beticola*: The intoxicating lifestyle of the leaf spot pathogen of sugar beet. Rangel L.I., Spanner R.E., Ebert M.K., Pethybridge S.J., Stukenbrock E.H., de Jonge R. et al. Molecular Plant Pathology. 2020. Vol. 21. Pp. 1020–1041.
2. Tugnoli V.A. Suitable defense against *Cercospora* in Italy utilizing additives in contour bination with triasoles. Proc. Of the 67th IIRB Congr.-Brussels. 2004. Pp. 331–335.
3. Болезни и вредители овощных культур и картофеля / А.К. Ахатов, Ф.Б. Ганнибал, Ю.И. Мешков, Ф.С. Джалилов, В.Н. Чижов, А.Н. Игнатов, В.П. Полищук, Т.П. Шевченко, Б.А. Борисов, Ю.М. Стройков, О.О. Белошапкина. Москва, Товарищество научных изданий КМК, 2013. 463 с. ISBN 978-5-87317-918-3.
4. Апасов И.В., Смирнов М.А. Производственно-техническая база свекловодства России. Сахар. 2020. №10. С. 26–31.
5. Малько А.М. Потребность Российской Федерации в семенах сахарной свеклы – наличие и качество. Сахарная свекла. 2016. №3. С. 17–19.
6. *Cercospora* Leaf Spot of Table Beet. Sandeep Sharma¹, Daniel W. Heck¹, Eric Branch¹, Julie R. Kikkert, and Sarah J. Plant Pathology. 2022. Vol. 22 DOI: 10.1094/PHI-P-2022-02-0101
7. Стогниенко О.И., Мелькумова Е.А. Церкоспороз сахарной свеклы в Центральном-Черноземном регионе Защита и карантин растений. 2007. №8. С. 30–33.
8. Optimizing *Cercospora* Leaf Spot Control in Table Beet Using Action Thresholds and Disease Forecasting. S.J. Pethybridge, S. Sharma, Z. Hansen, J.R. Kikkert, D.L. Olmstead. Plant Disease. 2020. Vol 104 (6). Pp. 1831–1840
9. Pethybridge S.J., Vaghefi N., Kikkert J. Management of *Cercospora* Leaf Spot in Conventional and Organic Table Beet Production. Plant Disease. 2017. Vol. 101 (9). Pp. 1642–1651.
10. Development of a Sequential Sampling Plan using Spatial Attributes of *Cercospora* Leaf Spot Epidemics of Table Beet in New York. D.W. Heck, R. Julie J.R. Kikkert, L. Hanson, S.J. Pethybridge. Plant Disease. 2021. Vol. 105. Pp. 2453 – 2465.
11. Манько А.Е. Устойчивость к церкоспорозу и кагатной гнили селекционных материалов сахарной свеклы: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. М. 1988. 22 с.
12. Pethybridge S.J., Vaghefi N., Kikkert J. Horticultural Characteristics and Susceptibility of Table Beet Cultivars to *Cercospora* Leaf Spot in New York.
13. HortTechnology. 2017. Vol. 27 (4). Pp. 530–538.
14. Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта Московской области. Е.Г. Козарь, С.А. Ветрова И.А. Енгальчева, М.И. Федорова // Овощи России. 2019. №6. С. 124–132.
15. Cryptic diversity, pathogenicity, and evolutionary species boundaries in *Cercospora* populations associated with *Cercospora* leaf spot of *Beta vulgaris*. N. Vaghefi, J.R. Kikkert, F.S. Hay, G.D. Carver, L.R. Koenick, M.D. Bolton, L.E. Hanson, G.A. Secor, S.J. Pethybridge. Fungal Biol. 2018. Vol. 122. Pp. 264–282.
16. Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений. Воронеж, ВНИИЗР. 1984. 200 с.

References

1. *Cercospora beticola*: The intoxicating lifestyle of the leaf spot pathogen of sugar beet. Rangel L.I., Spanner R.E., Ebert M.K., Pethybridge S.J., Stukenbrock E.H., de Jonge R. et al. Molecular Plant Pathology. 2020. Vol. 21. Pp. 1020–1041.
2. Tugnoli V.A. Suitable defense against *Cercospora* in Italy utilizing additives in contour bination with triasoles. Proc. Of the 67th IIRB Congr.-Brussels. 2004. Pp. 331–335.
3. Diseases and pests of vegetable crops and potatoes. A.K. Akhatov, F.B. Gannibal, Yu.I. Meshkov, F.S. Dzhalilov, V.N. Chizhov, A.N. Ignatov, V.P. Polischuk, T.P. Shevchenko, B.A. Borisov, Yu.M. Stroykov, O.O. Beloshapkina. Moscow, KMK Scientific Publications Partnership, 2013. 463 p. ISBN 978-5-87317-918-3 (In Russ.).
4. Apasov I.V., Smirnov M.A. Production and technical base of sugar beet growing in Russia. Sugar. 2020. No10. Pp. 26–31 (In Russ.).
5. Malko A.M. The Russian Federation's need for sugar beet seeds - availability and quality. Sugar beet. 2016. No3. Pp. 17–19 *(In Russ.).
6. *Cercospora* Leaf Spot of Table Beet. Sandeep Sharma¹, Daniel W. Heck¹, Eric Branch¹, Julie R. Kikkert, and Sarah J. Plant Pathology. 2022. Vol. 22 DOI: 10.1094/PHI-P-2022-02-0101
7. Stognienko O.I., Melkumova E.A. *Cercospora* leaf spot of sugar beet in the Central Black Earth region. Plant protection and quarantine. 2007. No.8. Pp. 30–33 (In Russ.).
8. Optimizing *Cercospora* Leaf Spot Control in Table Beet Using Action Thresholds and Disease Forecasting. S.J. Pethybridge, S. Sharma, Z. Hansen, J.R. Kikkert, D.L. Olmstead. Plant Disease. 2020. Vol 104 (6). Pp. 1831–1840
9. Pethybridge S.J., Vaghefi N., Kikkert J. Management of *Cercospora* Leaf Spot in Conventional and Organic Table Beet Production. Plant Disease. 2017. Vol. 101 (9). Pp. 1642–1651.
10. Development of a Sequential Sampling Plan using Spatial Attributes of *Cercospora* Leaf Spot Epidemics of Table Beet in New York. D.W. Heck, R. Julie J.R. Kikkert, L. Hanson, S.J. Pethybridge. Plant Disease. 2021. Vol. 105. Pp. 2453 – 2465.
11. Manko A.E. Resistance to *cercospora* and clamp rot of sugar beet breeding materials: author's abstract. diss...Cand. Sci. (Agr.). Moscow. 1988. 22 p. (In Russ.).
12. Pethybridge S.J., Vaghefi N., Kikkert J. Horticultural Characteristics and Susceptibility of Table Beet Cultivars to *Cercospora* Leaf Spot in New York.
13. HortTechnology. 2017. Vol. 27 (4). Pp. 530–538.
14. Evaluation of resistance of table beet breeding material to *cercospora* leaf spot against the background of epiphytity in protected ground conditions of the Moscow region. E.G. Kozar, S.A. Vetrova, I.A. Engalycheva, M.I. Fedorova. Vegetables of Russia. 2019. Vol. 6. Pp.124–132 (In Russ.).
15. Cryptic diversity, pathogenicity, and evolutionary species boundaries in *Cercospora* populations associated with *Cercospora* leaf spot of *Beta vulgaris*. N. Vaghefi, J.R. Kikkert, F.S. Hay, G.D. Carver, L.R. Koenick, M.D. Bolton, L.E. Hanson, G.A. Secor, S.J. Pethybridge. Fungal Biol. 2018. Vol. 122. Pp. 264–282.
16. Recommendations for the recording and identification of pests and diseases of agricultural plants. Voronezh. VNIIZR. 1984. 200 p (In Russ.).

Об авторе

Тимакова Любовь Николаевна, канд. с.-х. наук, с.н.с. Всероссийского НИИ овощеводства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО), селекционер Агрофирмы «Поиск». E-mail: ljubovtimakova@rambler.ru

Author details

Timakova L.N., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow of the department of breeding and seed growing, ARRIVG – branch of FSBSI FSVC, breeder of Poisk company. E-mail: ljubovtimakova@rambler.ru