

Научная статья

УДК 653.853.483: 632.911(470.62)

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-1-197-113-118

Устойчивость горчицы черной к фузариозному увяданию в условиях центральной зоны Краснодарского края

Оксана Анатольевна Сердюк

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
oserduk@mail.ru

Аннотация. Горчица черная, как и другие масличные культуры семейства Капустные, в течение вегетации может поражаться разными болезнями, которые снижают качественные и количественные показатели урожая. Одной из самых опасных болезней для культуры является фузариоз. При заражении возбудителями болезни (грибами *Fusarium* spp.) в фазе 2–4 настоящих листа на молодых растениях развивается корневая гниль, в результате которой они гибнут. У взрослых происходит закупорка проводящих пучков в стебле, что вызывает преждевременное высыхание растений, снижение количественных и качественных показателей урожая семян. Экономически выгодным и экологически безопасным способом защиты растений от болезни является возделывание устойчивых к ней сортов. Целью работы являлась оценка нового селекционного материала горчицы черной на устойчивость к фузариозному увяданию в условиях центральной зоны Краснодарского края. При проведении основного учета поражения горчицы черной фузариозом в фазе желто-зеленого стручка осуществляли оценку селекционного материала культуры на устойчивость к болезни в форме трахеомикозного увядания с использованием 10-балльной шкалы по степени поражения образца: от 0 до 9 баллов. Все образцы горчицы разделили на группы: иммунные, устойчивые, слабоустойчивые, слабовосприимчивые и восприимчивые. В результате проведенной в течение трех лет оценки иммунные к болезни образцы горчицы черной не выявлены. Выделено 10 образцов культуры, про-

явивших во все годы исследований на среднем и высоком естественном инфекционном фоне устойчивость к фузариозному увяданию, что позволяет рекомендовать их для использования в селекционной работе по созданию новых сортов горчицы черной.

Ключевые слова: горчица черная, оценка на устойчивость, фузариозное увядание, *Brassica nigra*, *Fusarium*

Для цитирования: Сердюк О.А. Устойчивость горчицы черной к фузариозному увяданию в условиях центральной зоны Краснодарского края // Масличные культуры. Вып. 1 (197). С. 113–118.

UDC 653.853.483: 632.911(470.62)

Resistance of black mustard to fusarium wilt in the central zone of the Krasnodar region

Serdyuk O.A., senior researcher, PhD in agriculture

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
oserduk@mail.ru

Abstract. The different diseases decreasing quantitative and qualitative yield indicators can infected black mustard as the other oil crops of Brassicaceae family. Fusarium wilt is one of the most dangerous diseases for the crop. If plants are infected with disease pathogens (fungi *Fusarium* spp.) in a phase of 2–4 true leaves root rot develops of young plants that causes their death. In adult plants, conductive bundles in stems become clogged, causing premature drying of plants. Cultivation of resistant varieties is economically profitable and environmentally safe method of plant protection. The purpose of the research was to estimate new breeding material of black mustard on resistance to fusarium wilt in the central zone of the Krasnodar region. In a phase of yellow-green pod, breeding material of black mustard was estimated on resistance to the disease in a form of tracheomic wilting using 10-point scale of sample infection degree: from 0 to 9 points. All samples of mustard were divided on five group: immune, resistant, weak resistant, weak susceptible, and susceptible. During three years of research, the immune samples of black mustard were not selected. Ten samples of the crop were selected, they were resistant to the fusarium wilting on middle and high natural infection background in all years of the research. It allows recommending them to use in breeding of new black mustard varieties.

Key words: black mustard, estimation of resistance, fusarium wilt, *Brassica nigra*, *Fusarium*

Введение. Горчица черная (*Brassica nigra* (L.) W.D.J. Koch) является однолетним травянистым растением из семейства Brassicaceae, возделывается преимущественно в регионах Азии, Африки, субтропических регионах Европы, а также Северной Америке [1; 2]. В последнее время возрастает интерес к этой культуре в Российской Федерации в виду ценного биохимического состава ее семян, в том числе высокого содержания в них эфирного масла (более 1,0 %) в сравнении с горчицей сарептской (0,6–0,7 %) [3; 4; 5]. Семена горчицы черной широко используют в качестве пищевой приправы, и, кроме этого, в зарубежных исследованиях показан антипролиферативный эффект экстракта семян против клеток рака легких человека [6].

Горчица черная, как и другие масличные культуры семейства Капустные, в течение вегетации может поражаться разными болезнями, которые негативно влияют на урожай [7]. Одной из самых опасных болезней для культуры является фузариоз. Заражение возбудителями болезни, грибами *Fusarium* spp., происходит через корневую систему, в результате этого у молодых растений горчицы черной развивается корневая гниль [8], а у взрослых происходит закупорка проводящих пучков в стебле, что вызывает преждевременное высыхание растений, снижение количественных и качественных показателей урожая семян [9; 10; 11].

Экономически выгодным и экологически безопасным способом защиты растений от болезней является возделывание устойчивых к болезням сортов. Важное звено в селекционном процессе – оценка материала на устойчивость к болезням. Учеными в разных странах проводится поиск устойчивого к фузариозному увяданию селекционного материала сельскохозяйственных культур. Так, например, при проведении оценки овощных капустных культур на устойчивость к болезни в

Швейцарии учеными были выделены гены устойчивости к фузариозному увяданию для использования их в селекционном процессе [12]. В России, в Липецкой области, в результате оценки поражения рапса ярового фузариозом на искусственном инфекционном фоне выделены слабовосприимчивые к болезни образцы, которые могут являться перспективными источниками устойчивости к фузариозному увяданию [13].

Однако в отношении горчицы черной в доступной литературе не обнаружено информации о проведении исследований по изучению устойчивости этой культуры к болезни, поэтому целью работы являлась оценка нового селекционного материала горчицы черной на устойчивость к фузариозному увяданию в условиях центральной зоны Краснодарского края.

Материалы и методы. Исследования проводили в полевых условиях ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на естественном инфекционном фоне в 2020–2022 гг. Каждый год было обследовано по 66 образцов культуры. Учет поражения образцов горчицы черной фузариозом проводили в фазы 2–4 настоящих листа, учитывая растения горчицы с симптомами фузариозной корневой гнили, и желто-зеленого стручка, когда учитывали растения, пораженные фузариозом в форме трахеомикозного увядания. По данным учетов рассчитывали основные показатели болезни: распространенность и развитие.

Распространенность фузариоза определяли по общепринятой формуле [14]:

$$P = \frac{n}{N} 100 \%,$$

где P – распространенность болезни, %;

n – количество больных растений в пробе, шт.;

N – общее количество учетных растений в пробе, шт.

Распространенность болезни подразделяли на низкую, среднюю и высокую:

- низкая – поражено до 10,0 % растений на образце;

- средняя – поражено 10,1–50,0 % растений на образце;

- высокая – поражено 50,1 % растений на образце и более.

Интенсивность поражения взрослых растений горчицы черной фузариозом определяли по шкале:

0 баллов – здоровое растение;

1 балл – высыхают, меняют цвет на светло-желтый 1–2 ветви, стручки сформированы;

2 балла – высыхают, меняют цвет на светло-желтый 3–4 ветви, стручки сформированы;

3 балла – растение полностью желтого цвета, отсутствуют некоторые боковые ветви, стручки сформированы, но небольшого размера;

4 балла – растение полностью желтого цвета, отсутствуют боковые ветви и стручки на центральной кисти.

Развитие фузариоза вычисляли по общепринятой формуле [14]:

$$R = \frac{\Sigma(a \cdot b)}{\Sigma(n \cdot k)} 100 \%,$$

где R – развитие болезни, %;

$\Sigma(a \times b)$ – сумма произведений числа пораженных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b);

N – общее количество учетных растений (здоровых и больных) в пробе;

k – высший балл поражения.

Развитие болезни разделяли на низкое, слабое, среднее и сильное:

- низкое – до 10,0 %;

- слабое – 10,1–30,0 %;

- среднее – 30,1–60,0 %;

- сильное – 60,1 % и выше.

В фазе желто-зеленого стручка при проведении основного учета поражения горчицы черной фузариозом осуществляли оценку селекционного материала культуры на устойчивость к болезни в форме трахеомикозного (фузариозного) увядания с применением разработанной нами 10-балльной шкалы по степени поражения образца: от 0 до 9 баллов [15]. Используя эту шкалу, все селекционные

образцы горчицы черной подразделяли по степени устойчивости к болезни на следующие группы:

0 баллов – иммунные;

1–2 балла – устойчивые;

3–4 балла – слабо устойчивые;

5–6 баллов – слабо восприимчивые;

7–9 баллов – восприимчивые.

В лабораторных условиях фитоэкспертизу пораженных частей растений горчицы черной проводили по общепринятым методикам [15]. Возбудителей болезней идентифицировали с использованием микроскопа Motic VA300, увеличение 400х.

Результаты и обсуждение. Первые признаки фузариоза на горчице черной появлялись в фазе 2–4 настоящих листа в виде корневой гнили. На корневой шейке растений образовывалась темная перетяжка, листья и точка роста увядали, растения погибали (рис. 1 а).

При заражении горчицы черной патогенами в фазе цветения симптомы болезни проявлялись в фазе зеленого стручка. В зависимости от степени поражения это выражалось в виде высыхания отдельных ветвей растений с преждевременным созреванием семян в стручке, либо отсутствия боковых ветвей и стручков на центральной кисти, а также общего усыхания растений (рис. 1 б).



а



б

Рисунок 1 – Симптомы фузариоза (возбудители грибы рода *Fusarium* Link.) на горчице черной (ориг.):

а) корневая гниль (фаза 2–4 настоящих листьев);

б) трахеомикозное увядание (проявление в фазе зеленого стручка)

Первый учет поражения горчицы черной в фазе 2–4 настоящих листа показал,

что распространенность фузариозной корневой гнили в годы исследований была низкой и не превысила 10,0 % (табл. 1). Однако степень поражения всех больных растений была высокой, что привело к их гибели в течение 1–2 суток.

Таблица 1

Пораженность селекционных образцов горчицы черной фузариозной корневой гнилью в фазе 2–4 настоящих листа

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Год	Распространенность болезни*, %	Количество погибших растений, %
2020	6,7 (5,0-10,0)	100
2021	3,3 (0-5,0)	100
2022	8,3 (5,0-10,0)	100

* – среднее значение (диапазон значений)

Следующей критической фазой развития растений горчицы черной для поражения фузариозным увяданием являлась фаза цветения с проявлением внешних симптомов болезни в фазе желто-зеленого стручка. Установлено, что в течение трех лет исследований распространенность болезни при учете в этой фазе варьировала от низкой до высокой и составила 15,0–60,5 %, развитие болезни – от низкого до среднего (7,8–38,7 %) (табл. 2).

Таблица 2

Распространенность (P, %) и развитие (R, %) фузариозного увядания на селекционных образцах горчицы черной в фазе желто-зеленого стручка

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Год	P*, %	R*, %
2020	38,5 (15,0–60,5)	25,6 (7,8–41,0)
2021	27,5 (5,0–42,5)	13,3 (1,7–22,2)
2022	39,3 (10,0–60,0)	23,4 (2,5–38,7)

* – среднее значение (диапазон значений)

В результате проведенной оценки селекционных образцов горчицы черной на устойчивость к фузариозному увяданию в полевых условиях во все годы исследований иммунные к болезни образцы не выявлены. Все образцы в той или иной степени были поражены фузариозом в

виде трахеомикозного увядания растений (табл. 3).

Таблица 3

Количество селекционных образцов горчицы черной с разной степенью устойчивости к фузариозному увяданию

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Год	Количество образцов (%) с разной степенью устойчивости				
	иммунные	устойчивые	слабо устойчивые	слабо восприимчивые	восприимчивые
2020	0	25	60	13	2
2021	0	70	13	17	0
2022	0	57	29	14	0

В 2020 г. в незначительном количестве (2 %) выявлены восприимчивые к болезни образцы горчицы черной. Устойчивыми являлись лишь 25 % образцов культуры. Более половины образцов горчицы черной проявили слабую устойчивость к поражению болезнью (60 %), а небольшое количество образцов (13 %) показали себя слабо восприимчивыми к фузариозному увяданию.

В 2021–2022 гг. устойчивыми была большая часть образцов культуры – 70 и 57 % соответственно, остальные проявили слабую устойчивость и слабую восприимчивость в равной степени: 13 и 17 % соответственно в 2021 г. и 29 и 14 % соответственно в 2022 г.

Таким образом, в 2020–2022 гг. устойчивость к фузариозному увяданию проявили от 25 до 70 % образцов горчицы черной. Из их числа отобрано 10 образцов культуры, имевших в течение всех лет исследований стабильную устойчивость к фузариозному увяданию на разном уровне естественного инфекционного фона болезни.

Заключение. В результате проведенной оценки селекционного материала горчицы черной на устойчивость к фузариозному увяданию не выявлены образцы, иммунные к болезни. Выделено 10 образцов культуры, проявивших на среднем и высоком естественном инфекционном фоне болезни устойчивость в течение

трех лет, что позволяет рекомендовать их для использования в селекционной работе по созданию новых устойчивых к поражению болезнями сортов горчицы черной.

Список литературы

1. Замятина Н. Горчица бывает разной // Наука и жизнь. – 2003. – № 10. – С. 100–102.

2. Marotti I., Whittaker A., Benedettelli S., Dinelli G. [et al.]. Evaluation of the propensity of interspecific hybridization between oilseed rape (*Brassica napus* L.) to wild-growing black mustard (*Brassica nigra* L.) displaying mixoploidy: [Электронный ресурс] // Plant Science. – V. 296. – 110493. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110493> (дата обращения: 10.01.2024).

3. *Brassica nigra* (L.) W.D.J. Koch [Электронный ресурс] // Plants For A Future. – Режим доступа: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Brassica+nigra> (дата обращения: 10.01.2024).

4. Горлов С.Л., Трубина В.С. Сорт горчицы черной Ниагара // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 3 (163). – С. 102–103.

5. Трубина В.С. Актуальные направления, методы и результаты селекции горчицы сарептской (*Brassica juncea*) и горчицы черной (*Brassica nigra*) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – № 180 (4). – С. 132–138.

6. Ahmed A.G., Hussein U.K., Ahmed A.E. Mustard seed (*Brassica nigra*): extract exhibits antiproliferative effect against human lung cancer cells through differential regulation of apoptosis, cell cycle, migration, and invasion // Molecules. – 2020. – 25 (9). – P. 2069.

7. Сердюк О.А., Трубина В.С., Горлова Л.А. Частота встречаемости болезней на горчице черной (*Brassica nigra* (L.) W.D.J. Koch) в условиях центральной зоны Краснодарского края в зависимости от метеорологических условий // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 112–120.

8. Daly P., Tomkins B. Rural industries research and development corporation (Canberra, Australia) production and postharvest handling of Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *pekinensis*): A review of literature. – Rural Ind. Res. Dev. Corp. Barton ACT, 1997. – P. 32–35.

9. Lange R.M., Gossman M., Büttner C. Yield loss in susceptible cultivars of spring rapeseed due to *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum*:

[Электронный ресурс] // Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. – 2007. – No 72 (4). – P. 723–734. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18396801/> (дата обращения: 10.01.2024).

10. Nehra S., Gothwal R.K., Varshney A.K., Solanki P.S. [et al.]. Biomangement of *Fusarium* spp. associated with oil crops: [Электронный ресурс] // Microbiome Stimulants for Crops: Mechanisms and Applications (Woodhead Publishing). – 2021. – Chapter 27. – P. 453–474. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822122-8.00026-1> (дата обращения: 10.01.2024).

11. Б.Б. Еюбов, А.А. Меджнунова, Ф.Х. Гахраманова, Р.А. Алиева [и др.]. Способность патогенных грибов выделять гидролитические ферменты // Географическая среда и живые системы. – 2009. – № (4). – С. 92–95.

12. Mehraj H., Akter A., Miyaji N., Miyazaki J. [et al.]. Genetics of Clubroot and *Fusarium* wilt disease resistance in Brassica vegetables: the application of marker assisted breeding for disease resistance: [Электронный ресурс] // Plants (Basel). – 2020. – V. 9 (6). – P. 726. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/plants9060726> (дата обращения: 10.01.2024).

13. Пастухов И.О., Карпачев В.В., Кобзева Е.С. Скрининг сортообразцов ярового рапса (*Brassica napus* L.) по устойчивости к фитопатогенам // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – № 1. – С. 49–54.

14. Драховская М.Д. Прогноз в защите растений. – М.: Сельхозлитература, 1962. – С. 168–173.

15. Сердюк О.А., Сердюк В.В. Оценка селекционного материала рыжика озимого на поражение болезнями в условиях центральной зоны Краснодарского края // Междунар. науч.-практ. конф. «Научное обеспечение производства риса и овощебахчевых культур в современных условиях», 09 сентября 2016 г., Краснодар. – Краснодар, 2016. – С. 181–184.

16. Методы фитопатологии / З. Кирай, З. Клемент, Ф. Шоймоши, Й. Вереш. Перевод С.В. Васильевой, Ю.Т. Дьякова, С.Н. Лекомцевой. – М.: Колос, 1974. – С. 178–191.

References

1. Zamyatina N. Gorchitsa byvaet raznoy // Nauka i zhizn'. – 2003. – № 10. – S. 100–102.

2. Marotti I., Whittaker A., Benedettelli S., Dinelli G. [et al.]. Evaluation of the propensity of interspecific hybridization between oilseed rape (*Brassica napus* L.) to wild-growing black mustard (*Brassica nigra* L.) displaying mixoploidy: [Электронный ресурс] // Plant Science. – V. 296. – 110493. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110493>.

1016/j.plantsci.2020.110493 (data obrashcheniya: 10.01.2024).

3. Brassica nigra (L.) W.D.J. Koch [Elektronnyy resurs] // Plants For A Future. – Rezhim dostupa: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Brassica+nigra> (data obrashcheniya: 10.01.2024).

4. Gorlov S.L., Trubina V.S. Sort gorchitsy chernoy Niagara // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2015. – Vyp. 3 (163). – S. 102–103.

5. Trubina V.S. Aktual'nye napravleniya, metody i rezultaty selektsii gorchitsy sarepts koy (Brassica juncea) i gorchitsy chernoy (Brassica nigra) // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. – 2019. – № 180 (4). – S. 132–138.

6. Ahmed A.G., Hussein U.K., Ahmed A.E. Mustard seed (Brassica nigra): extract exhibits antiproliferative effect against human lung cancer cells through differential regulation of apoptosis, cell cycle, migration, and invasion // Molecules. – 2020. – 25 (9). – P. 2069.

7. Serdyuk O.A., Trubina V.S., Gorlova L.A. Chastota vstrechaemosti bolezney na gorchitse chernoy (Brassica nigra (L.) W.D.J. Koch) v usloviyakh tsentral'noy zony Krasnodarskogo kraya v zavisimosti ot meteorologicheskikh usloviy // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Vyp. 2 (182). – S. 112–120.

8. Daly P., Tomkins B. Rural industries research and development corporation (Canberra, Australia) production and postharvest handling of Chinese cabbage (Brassica rapa var. pekinensis): A review of literature. – Rural Ind. Res. Dev. Corp. Barton ACT, 1997. – P. 32–35.

9. Lange R.M., Gossmann M., Büttner C. Yield loss in susceptible cultivars of spring rapeseed due to Fusarium wilt caused by Fusarium oxysporum: [Elektronnyy resurs] // Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. – 2007. – No 72 (4). – R. 723–734. – Rezhim dostupa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18396801/> (data obrashcheniya: 10.01.2024).

10. Nehra S., Gothwal R.K., Varshney A.K., Solanki P.S. [et al.]. Biomanagement of Fusarium spp. associated with oil crops: [Elektronnyy resurs] // Microbiome Stimulants for Crops: Mechanisms and Applications (Woodhead Publishing). – 2021. – Chapter 27. – P. 453–474. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822122-8.00026-1> (data obrashcheniya: 10.01.2024).

11. B.B. Eyubov, A.A. Medzhnunova, F.Kh. Gakhramanova, R.A. Alieva [i dr.]. Sposobnost' patogennykh gribov vydelyat' gidroliticheskie fermenty // Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy. – 2009. – № (4). – S. 92–95.

12. Mehraj H., Akter A., Miyaji N., Miyazaki J. [et al.]. Genetics of Clubroot and Fusarium wilt disease resistance in Brassica vegetables: the application of marker assisted breeding for disease resistance: [Elektronnyy resurs] // Plants (Basel). – 2020. – V. 9 (6). – P. 726. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.3390/plants9060726> (data obrashcheniya: 10.01.2024).

13. Pastukhov I.O., Karpachev V.V., Kobzeva E.S. Skringing sortoobraztsov yarovogo rapsa (Brassica napus L.) po ustoychivosti k fitopatogenam // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. – 2019. – № 1. – S. 49–54.

14. Drakhovskaya M.D. Prognoz v zashchite rasteniy. – M.: Sel'khozliteratura, 1962. – S. 168–173.

15. Serdyuk O.A., Serdyuk V.V. Otsenka selektsionnogo materiala ryzhika ozimogo na porazhenie boleznyami v usloviyakh tsentral'noy zony Krasnodarskogo kraya // Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Nauchnoe obespechenie proizvodstva risa i ovoshchebakhchevykh kul'tur v sovremennykh usloviyakh», 09 sentyabrya 2016 g., Krasnodar. – Krasnodar, 2016. – S. 181–184.

16. Metody fitopatologii / Z. Kiray, Z. Klement, F. Shoymoshi, Y. Veresh. Perevod S.V. Vasil'evoy, Yu.T. D'yakova, S.N. Lekomtsevoy. – M.: Kolos, 1974. – S. 178–191.

Сведения об авторе

О.А. Сердюк, вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

Получено/Received

30.01.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

02.02.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

07.02.2024

Принято/Accepted

13.03.2024

Manuscript on-line

30.05.2024