

**Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений**

Научная статья

УДК 631.52:633.854.78

DOI: 10.25230/2412-608X-2021-4-188-3-7

**Отбор на устойчивость к зарази-
хе расы G из популяции
кондитерского подсолнечника**

**Владимир Иванович Хатнянский
Татьяна Сергеевна Антонова
Александр Александрович Децына
Ирина Викторовна Илларионова**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: (861) 254-27-91
sort@vniimk.ru

Ключевые слова: подсолнечник, кондитер-
ский сорт, зарази́ха *Orobanche cumana* Wallr.,
продуктивность, отбор на устойчивость

Для цитирования: Хатнянский В.И., Анто-
нова Т.С., Децына А.А., Илларионова И.В. Отбор
на устойчивость к зарази́хе расы G из популяции
кондитерского подсолнечника // Масличные куль-
туры. 2021. Вып. 4 (188). С. 3–7.

Аннотация. Цель работы состояла в создании форм крупноплодного подсолнечника, устойчивых к зарази́хе расы G на искусственно созданном инфицированном фоне как в полевых условиях, так и в условиях теплиц и камер искусственного климата. Исследования проводили в 2019–2021 гг. в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар. Линия RG (*Or*₇) была донором гена устойчивости к зарази́хе расы G. Крупноплодный сорт кондитерского типа СПК плюс служил реципиентом. С использованием методов гибридизации, возвратных скрещиваний и группового переопыления на жестком инфицированном фоне была создана популяция подсолнечника, устойчивая к агрессивной расе зарази́хи для селекции крупноплодных сортов подсолнечника кондитерского направления. Эти методы позволили получить постепенное повышение устойчивости при одновременном сохранении высокого полиморфизма, позволяющего вести селекцию крупноплодных сортов подсолнечника на дальнейшее повышение продуктивности.

Selection for resistance to broomrape race G in confectionary sunflower OP-population.

V.I. Khatnyansky, head of the department, leading researcher, PhD in agriculture

T.S. Antonova, head of the lab., chief researcher, doctor of biology

A.A. Detsyna, head of the lab., leading researcher, PhD in agriculture

I.V. Illarionova, senior researcher, PhD in agriculture

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

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 254-27-91

sort@vniimk.ru

Key words: sunflower, confectionary variety, broomrape, *Orobanche cumana* Wallr., productivity, selection for resistance

Abstract. The purpose of the work was to develop forms of confectionary sunflower resistant to broomrape race G on artificial infection background both in fields and greenhouses and artificial climate chambers. The researches were conducted in V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russia, in 2019–2021. A line RG (*Or*₇) was used as a donor of gen of resistance to broomrape race G. The confectionary sunflower variety SPK plus was a recipient. Using methods of hybridization, back-crosses and group interpollination, on severe infection background, a sunflower population resistant to the aggressive broomrape race was develop for the further breeding of confectionary sunflower varieties. These methods allowed increasing resistance step-by-step while maintaining high polymorphism that makes it possible to continue breeding of confectionary sunflower varieties for the further rise of productivity.

Введение. Зарази́ха (*Orobanche cumana* Wallr.) – облигатный паразит подсолнечника, широко распространена в большинстве стран мира, возделывающих эту культуру, и является одним из главных ограничивающих факторов в получении высоких урожаев [1–10]. *O. cumana* – высшее травянистое растение, паразитирующее на корнях растений-хозяев, относящихся к нескольким видам дикой и культурной флоры. Однако в ходе эволюции этот вид зарази́хи стал паразитировать преимущественно на подсолнечнике, утратив собственные корни, листья и способность к фотосинтезу [2].

Проростки паразита внедряются в молодые корни растений подсолнечника, формируя в них многоклеточный гаусто-

риальный орган, в котором со временем дифференцируется его собственная проводящая система, объединённая с сосудистым цилиндром корня. Благодаря ей растение-паразит получает воду и питательные вещества из растения-хозяина [2]. Снаружи корня из клеток паразита формируется, так называемый, клубнёнк, из которого впоследствии вырастает стебель заразики. Над поверхностью почвы растение представляет собой рыхлое колосовидное соцветие, состоящее из стебля и сидящих на нём цветков (рисунок). В каждом цветке созревает плод – коробочка, в которой образуется большое количество мелких пылевидных семян.



Рисунок – Заразиха (*Orobanchе cymata* Wallr.) на корнях подсолнечника в полевых условиях

Заразиха, паразитирующая на подсолнечнике, весьма плодовита. Ещё в прошлом веке было установлено, что на нормально развитом стебле заразики могут образоваться до ста коробочек, несущих, в общей сложности, от 200 до 500 тыс. семян, которые легко разносятся ветром, водой, а также сельскохозяйственными механизмами [11]. Увеличение семенной продуктивности представляет собой общий признак высокоспециализированных паразитных покрытосеменных и является механизмом, компенсирующем вероят-

ность встречи паразита и растения-хозяина [12]. Семена *O. cymata* в природных условиях способны сохранять всхожесть до 20 лет (цитируется по [2]). При таком продолжительном периоде сохранения всхожести и огромном количестве семян с одного растения их концентрация в пахотном слое почвы увеличивается катастрофически. Имея большой коэффициент размножения более вирулентные биотипы заразики быстро размножаются и поражают на больших площадях бывшие ранее устойчивыми сорта. Скорость формирования новых рас заразики в настоящее время сильно возросла. Если в 50–70-х годах прошлого столетия интервал до появления новой расы *O. cymata* составлял 20–25 лет, то в начале двухтысячных новые расы заразики на подсолнечнике стали появляться каждые 5–6 лет. Происходит быстрое выравнивание расовой структуры популяции заразики в сторону доминирования наиболее вирулентной расы [12].

В силу сопряженной эволюции растения-хозяина и паразита внедрение в производство заразихоустойчивых сортов не означает окончательной победы над заразой. В процессе естественного отбора на фоне устойчивых сортов происходит появление более вирулентных биотипов заразики, которые способны выжить и размножиться. Поэтому необходимо постоянно и систематически вести селекционную работу, направленную на сохранение контроля над расообразованием заразики.

Исследования лаборатории иммунитета ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК показали, что в настоящее время доминирующее положение в популяции заразики занимает раса G [13]. В этой связи особо важное значение приобретает отбор форм кондитерского подсолнечника на устойчивость к новой расе заразики для последующего использования в селекционных программах.

Главная задача данной работы – сочетание в одном генотипе сортовой популяции подсолнечника признака

крупноплодности и заразиоустойчивости.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. В качестве донора устойчивости к расе G заразихи использовали заразиоустойчивую линию RG (Or_7), созданную в лаборатории иммунитета ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Реципиентом служил крупноплодный сорт подсолнечника СПК плюс.

На пространственно изолированном участке проводили посев ручными сажалками с расстановкой растений 70×70 см (густота стояния 20 тыс. шт./га). Для получения стерильных форм линии RG (Or_7) использовали аквакастрацию, проводя ежедневный смыв пыльцы обооплолых трубчатых цветков следующего круга цветения корзинки. Через 2–3 часа проводили опыление растений с нанесением пыльцы отцовской формы.

В осенне-зимний период использовали камеры искусственного климата фитотрона ВНИИМК с фотопериодом 16/8 часов (день/ночь). Светильники Фотос 4 с лампами ДРЛ-700 обеспечивали освещенность 14 килोलюкс.

Искусственный инфицированный фон на ЦЭБ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК создавали путем внесения инфицированной почвы после оценки селекционного материала на устойчивость к заразихе расы G в условиях теплиц ФТК, а также остатков семян заразихи в количестве 3 кг, собранной в предыдущие годы на гибридах иностранной селекции, имеющих ген (Or_7) устойчивости к расе G заразихи. Для оценки селекционного материала в теплицах ФТК ВНИИМК в почвенно-песчаную смесь были внесены семена заразихи расы G из расчета 200 мг на 1 кг смеси. В качестве контроля использовали поражаемый современными расами заразихи сорт подсолнечника ВНИИМК 8883 ул.

Результаты и обсуждение. В 2019 г. в полевых условиях проведено скрещивание 35 растений линии RG (Or_7), в каче-

стве материнской формы, смесью пыльцы 55 корзинок растений крупноплодного сорта СПК плюс. В осенне-зимний период полученные гибридные семена (F_1) 23 семей высевали в камере фитотрона, где было проведено их опыление смесью пыльцы 50 корзинок крупноплодного сорта СПК плюс для получения семян поколения BC_1 .

В полевых условиях 2020 г. на искусственно созданном инфицированном фоне устойчивые гибридные растения BC_1 опыляли пыльцой 55 корзинок растений крупноплодного сорта СПК плюс для получения семян BC_2 . Для дальнейшей работы на инфицированном фоне были отобраны 50 растений, не пораженных заразихой. В 2021 г. семена отобранных растений BC_2 были объединены и посеяны на пространственно изолированном участке, инфицированном семенами расы G заразихи, где в процессе вегетации был проведен жесткий негативный отбор с удалением всех пораженных заразихой растений. На изолированном заразиховом фоне было отобрано 500 растений подсолнечника, семена которых были ещё раз проверены на устойчивость к заразихе в условиях теплицы (табл. 1).

Таблица 1

Этапы селекционной работы по введению гена заразиоустойчивости Or_7 в генофонд популяции кондитерского подсолнечника

Год исследования	Фон отбора	Этап работ	Фонд семян
2019	Поле	RG (Or_7) × СПК плюс	F_1
2019–2020	ФТК ВНИИМК	F_1 × СПК плюс	BC_1
2021	Поле, инфицированный фон	BC_1 × СПК плюс	BC_2
2021–2022	ФТК ВНИИМК	Переопыление устойчивых BC_2	F_4

Анализ полученных данных показал, что уже первый цикл отбора увеличил частоту встречаемости устойчивых растений в популяции крупноплодного подсолнечника на 29 %. Второй цикл показал резкое увеличение устойчивости с 29 до 44 %. При этом наблюдалось значитель-

ное снижение средней степени поражения в популяции (табл. 2).

Таблица 2

Оценка популяции крупноплодного подсолнечника на устойчивость к расе G заразики

Цикл отбора	Количество растений, шт.		Количество устойчивых, %		Степень поражения	
	учетных	устойчивых	конт-роль	селекционные номера	конт-роль	селекционные номера
F ₁	154	7	0	15	8	6
BC ₁	115	33	0	29	12	4
BC ₂	132	58	0	44	14	2

Эффективность такого типа отбора была показана ещё в прошлом веке в исследованиях Jenkins & al. [14] при селекции кукурузы на устойчивость к гельминтоспориозу.

Заключение. Применение последовательного комплекса методов: гибридизации, возвратных скрещиваний и группового переопыления позволило создать популяцию подсолнечника, устойчивую к поражению наиболее распространённой и агрессивной расой G заразики, для селекции резистентных крупноплодных сортов подсолнечника кондитерского направления.

При использовании методов отбора устойчивых к заразики форм при свободном цветении на жестком инфицированном фоне повышение устойчивости к этому паразиту происходит медленно, но для получения высокопродуктивного селекционного материала с указанным признаком применяемые методы являются наиболее результативными. Эти методы позволяют получить постепенное повышение устойчивости к заразики при одновременном сохранении высокого полиморфизма, позволяющего вести селекцию крупноплодных сортов подсолнечника на дальнейшее повышение продуктивности.

Список литературы

1. Harveson R.M., Markell S.G., Block C.C., and Gulya T.J. Broomrape // In: Compendium of

sunflower diseases and pests / R.M. Harveson, S.G. Markell, C.C. Block, T.J. Gulya (eds.). – The American Phytopathological Society. St. Paul., Minnesota, USA, 2016. – P. 81–84.

2. Антонова Т.С. Заразики на подсолнечнике. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2018. – 58 с.

3. Pacureanu M. Current situation of sunflower broomrape in Romania // Proc. of 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, June 3–6. – P. 39–43.

4. Duca M. Current situation of sunflower broomrape in the Republic of Moldova // Proc. of 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, June 3–6. – P. 44–50.

5. Kaya Y. Current situation of sunflower broomrape in the World // Proc. of 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, June 3–6. – P. 9–18.

6. Velasco L., Pérez-Vich B., Fernández-Martínez J.M.. Research on resistance to sunflower broomrape: an integrated vision // OCL. – 2016. – 23 (2). – D203.

7. L. Molinero-Ruiz, P. Delavault, B. Pérez-Vich, M. Pacureanu-Joita, M. Bulos, E. Altieri and J. Domínguez. History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: a review // Spanish J. of Agricultural Research. – 2015. – 13 (4). e10R01. DOI: 10.5424/sjar/2015134-8080.

8. Nabloussi A., Velasco L., Assissel N. First report of sunflower broomrape, *Orobanche cumana* Wallr. in Morocco // Plant Dis. – 2018. – Vol. 102 (2). – P. 457. DOI: 10.1094/PDIS-06-17-0858-PDN.

9. Zhang X., Zheng C. Wang M., An Y., Zhao S., Jan C.C. Identification of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) biotypes in the main sunflower growing areas of China // In: Proc. of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower, Bucharest, Romania, 2018, 2–4 July. – P. 19–22.

10. Shi B.X., Chen G.H., Zhang Z.J. [et al.]. First report of race composition and distribution of sunflower broomrape, *Orobanche cumana*, in China // Plant Dis. – 2015. – Vol. 99 (2). – P. 291. DOI: 10.1094/PDIS-07-14-0721-PDN

11. Антонова Т.С. Возделывание устойчивых к заразики гибридов и сортов подсолнечника – эффективный способ борьбы с паразитом // Защита и карантин растений. – 2017. – № 3. – С. 32–33.

12. Лукомец В.М., Антонова Т.С. Заразики *O. cumana* Wallr. на подсолнечнике и меры борьбы с ней // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 3 (163). – С. 96–101.

13. Антонова Т.С., Арасланова Н.М., Питинова Ю.В. Расовая принадлежность семян заразики (*Orobanche cumana* Wallr.), собранных на полях разных регионов РФ в 2019 году // Аграрная наука. – 2020. – № 339 (6). – С. 62–65.

14. Jenkins M.T., Robert A.L., Findley W.R. Recurrent selection as a method for concentrating genes for resistance to *Helmithosporium turcicum* leaf blight in corn // Agron. Journal. – 1954. – Vol. 46. – P. 89–94.

References

1. R.M. Harveson, S.G. Markell, C.C. Block, and T.J. Gulya. Broomrape // In: Compendium of sunflower diseases and pests / R.M. Harveson, S.G. Markell, C.C. Block, T.J. Gulya (eds.). – The American Phytopathological Society. St. Paul., Minnesota, USA, 2016. – P. 81–84.

2. Antonova T.S. Zarazikha na podsolnechnike. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2018. – 58 s.

3. Pacureanu M. Current situation of sunflower broomrape in Romania // Proc. of 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, June 3–6. – P. 39–43.

4. Duca M. Current situation of sunflower broomrape in the Republic of Moldova // Proc. of 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, June 3–6. – P. 44–50.

5. Kaya Y. Current situation of sunflower broomrape in the World // Proc. of 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower, Córdoba, Spain, 2014, June 3–6. – P. 9–18.

6. L. Velasco, B. Pérez-Vich, J.M. Fernández-Martínez. Research on resistance to sunflower broomrape: an integrated vision // OCL. – 2016. – 23 (2). – D203.

7. L. Molinero-Ruiz, P. Delavault, B. Pérez-Vich, M. Pacureanu-Joita, M. Bulos, E. Altieri and J. Domínguez. History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: a review // Spanish J. of Agricultural Research. – 2015. – 13 (4). e10R01. DOI: 10.5424/sjar/2015134-8080.

8. Nabloussi A., Velasco L., Assissel N. First report of sunflower broomrape, *Orobanche cumana* Wallr. in Morocco // Plant Dis. – 2018. – Vol. 102 (2). – P. 457. DOI: 10.1094/PDIS-06-17-0858-PDN.

9. Zhang X., Zheng C. Wang M., An Y., Zhao S., Jan C.C. Identification of broomrape

(*Orobanche cumana* Wallr.) biotypes in the main sunflower growing areas of China // In: Proc. of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower, Bucharest, Romania, 2018, 2–4 July. – P. 19–22.

10. Shi B.X., Chen G.H., Zhang Z.J. [et al.]. First report of race composition and distribution of sunflower broomrape, *Orobanche cumana*, in China // Plant Dis. – 2015. – Vol. 99 (2). – P. 291. DOI: 10.1094/PDIS-07-14-0721-PDN

11. Antonova T.S. Vozdelyvanie ustoychivyykh k zarazikhe gibridov i sortov podsolnechnika – effektivnyy sposob bor'by s parazitom // Zashchita i karantin rasteniy. – 2017. – № 3. – S. 32–33.

12. Lukomets V.M., Antonova T.S. Zarazikha *O. cumana* Wallr. na podsolnechnike i mery bor'by s ney // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byulleten' VNIIMK. – 2015. – Vyp. 3 (163). – S. 96–101.

13. Antonova T.S., Araslanova N.M., Pitinova Yu.V. Rasovaya prinadlezhnost' semyan zarazikhi (*Orobanche cumana* Wallr.), sobrannykh na polyakh raznykh regionov RF v 2019 godu // Agrarnaya nauka. – 2020. – № 339 (6). – S. 62–65.

14. Jenkins M.T., Robert A.L., Findley W.R. Recurrent selection as a method for concentrating genes for resistance to *Helmithosporium turcicum* leaf blight in corn // Agron. Journal. – 1954. – Vol. 46. – P. 89–94.

Сведения об авторах

В.И. Хатнянский, зав. отд., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

Т.С. Антонова, зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р биол. наук

А.А. Децына, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

И.В. Илларионова, ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук

Получено/Received

08.11.2021

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

09.11.2021

Получено после доработки/Manuscript revised

09.11.2021

Принято/Accepted

16.11.2021

Manuscript on-line

30.12.2021