

ХАБЛАК С.Г.<sup>1✉</sup>, АБДУЛЛАЕВА Я.А.<sup>2</sup>, РЯБОВОЛ Л.О.<sup>3</sup>, РЯБОВОЛ Я.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Агропромхолдинг «Кернел», Научно-исследовательский центр, Украина, 17600, Черниговская обл., Варвинский район, пгт. Варва, ул. Комарова, 59, e-mail: sergeyhab211981@gmail.com

<sup>2</sup> Агропромхолдинг «Кернел», Испытательная лаборатория, Украина, 17600, Черниговская обл., Варвинский район, пгт. Варва, ул. Комарова, 59, e-mail: asmina5oskar@gmail.com

<sup>3</sup> Уманский национальный университет садоводства, Украина, 20301, г. Умань, ул. Институтская, 1, e-mail: liudmila1511@ukr.net

✉ sergeyhab211981@gmail.com, (066) 442-66-08

## ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА К НОВЫМ РАСАМ ЗАРАЗИХИ

**Цель.** Изучение расового состава заразики на посевах подсолнечника в условиях северной части Степи Украины. **Методы.** Оценку на устойчивость гибридов и линий-тестеров подсолнечника к заразики проводили по модифицированной почвенной методике. **Результаты.** Популяция заразики, паразитирующая на полях подсолнечника, имеет высокую степень вирулентности, которая преодолевает иммунитет лучших гибридов отечественной и иностранной селекции, устойчивых к E, F и G расам данного паразита. **Выводы.** Появление новых очень агрессивных рас заразики (E, F и G) свидетельствует о необходимости решения важной задачи по созданию селекционного материала, устойчивого к новым расам этого растения-паразита. Интенсивное накоплением в посевах подсолнечника паразита рас E, F и G связано с нарушением севооборотов и насыщением полей гибридами данной культуры, устойчивыми в основном к 4 (D) и 5 (E) расам паразита.

**Ключевые слова:** *Orobanche crotalaria* Wallr., раса, подсолнечник, гибрид, корневая система, корневые выделения, стриголактоны.

Заразики подсолнечниковая (*Orobanche crotalaria* Wallr.) – это паразитическое бесхлорофильное растение, поражающее корневую систему растения-хозяина, поглощающее из неё воду, питательные вещества и выделяющее токсичные продукты обмена [1].

Исследованиями последних лет было установлено, что прорастание семян заразики происходит благодаря стриголактонам, выделяемым в почву корнями подсолнечника, которые привлекают арбускулярные микоризные грибы (АМ-грибы), что поставляют растению некоторые питательные вещества. В то же вре-

мя семена растений-паразитов также обладают способностью чувствовать стриголактоны, что является для них главным стимулом к прорастанию, прикреплению к корням растения-хозяина и высасыванию полезных веществ. Паразитизм можно считать тоже видом симбиоза, при котором один сожитель получает от него пользу, а другой – вред [2].

АМ-грибы являются самыми распространенными в почве и представляют постоянную ассоциацию с корнями более чем 90% растений. Микоризные эндогрибы проникают непосредственно в корень растения и образуют «грибницу» (мицелий), которая помогает корням укреплять иммунитет, бороться с возбудителями различных заболеваний, всасывать воду, фосфор и питательные вещества из почвы [3].

Предполагают, что возникновение симбиоза растений с грибами АМ является ключевым шагом в эволюции растений, что позволило им покинуть океаны и колонизировать землю [4]. Кроме того, считают, что повышение секреции стриголактонов при дефиците фосфора в растениях действует как сигнал в ризосфере для стимулирования развития грибов АМ [5].

Стриголактоны являются веществами «голода» растений и относятся к новому классу фитогормонов, которые выделяются корнями в почву и участвуют во многих физиологических процессах, в частности таких, как контроль развития побега, ответ на абиотические факторы, регулирование доступности питательных веществ. В последнее время на основе стриголактонов рассматриваются возможности создания новых антистрессовых препаратов, которые будут усиливать арбускулярную микоризу [6].

Недавно на модельном растении *Arabidopsis* прослежена цепочка синтеза стри-

голактонов и определены ключевые гены-регуляторы этого процесса. Воздействуя на них, можно снизить образование данных веществ у растений. Кроме того, методом химического скрининга отобраны пять химических соединений, которые угнетают прорастание семян заразики. Вещества назвали котилимидами. По химической природе три из них относятся к фталимидам, два – к сукцинимидам. При обработке ими арабидопсиса в тканях снижался синтез стриголактонов, и семена заразики, посеянные в почву рядом с такими растениями, не проросли [7].

Используя информацию, полученную на *Arabidopsis*, у заразики был идентифицирован специфичный рецептор KARRIKIN INSENSITIVE2 DIVERGENT (*KAI2d*), который участвует в дифференцированном распознавании корневых экссудатов подсолнечника. В геноме паразита установлено несколько генов *KAI2d*, что кодируют рецепторы *KAI2d* [8].

Гомологи гена *KAI2* найдены в зеленых водорослях Харофитах (*Charophyte*), наземных растениях Фискомитрелле (*Physcomitrella patens*) и Маршаницы изменчивой (*Marchantia polymorpha*) [9]. Биоинформационные исследования показали, что ген *KAI2* претерпел обширного размножения и изменения лигандной специфичности в геномах паразитов. Гены *KAI2* в порядке Губоцветные (*Lamiales*) сгруппированы в три класса: консервативный (*KAI2c*), промежуточный (*KAI2i*) и дивергентный (*KAI2d*). Гены *KAI2c* и *KAI2i* возникли через дублирование гена *KAI2* в порядке Губоцветные, а гены *KAI2d* возникли путем дальнейшего дублирования и появления новых функций в заразики [8].

В результате открытия веществ, участвующих в прорастании семян заразики, стали обсуждаться новые стратегии защиты подсолнечника от этого растения-паразита, которые находятся на стадии разработки.

В последние годы в Украине, России наблюдается поражение заразики гибридов подсолнечника, обладающих устойчивостью к расе Е. Потеря резистентности гибридами подсолнечника, устойчивыми к пятой (Е) расе заразики – Згода, Од-249 и других (СГИ), Арена (Сингента), Рими, Титаник, NSH-2017 (Нови-Сад), PR-63H80 (Пионер) и других, – свидетельствует, вероятно, о возникновении и интенсивном накоплении новых, более вирулентных рас паразита [1].

Целью настоящей работы было определе-

ние расового состава заразики, распространенной в посевах подсолнечника в условиях северной части Степи Украины.

### Материалы и методы

Объектом для исследований послужили семена заразики. Образцы семян паразита были собраны на отдельных наиболее зараженных полях подсолнечника северной части Степи Украины. Эта популяция заразики обладает высокой степенью вирулентности, которая преодолевает иммунитет гибридов подсолнечника, устойчивых к D расе данного паразита.

Для идентификации рас заразики использовали гибриды и линии подсолнечника – дифференциаторы рас заразики: Одесский-249 (СГИ-НЦСС), Згода (СГИ-НЦСС), Арена ПР (Сингента), НК Брио (Сингента), Рими (Нови Сад), Титаник (Нови Сад), С70165 (Лимагрэн), ЕС Венеция (Евралис Семенс), ЕС Шерпа (Евралис Семенс), PR64A89 (Пионер), Дарий (ИРЮ), Форвард (ИРЮ), Робия КС (Коссад Семенс), ЕС Петунья (Евралис Семенс), Тунка (Лимагрейн), Голдсан (Лимагрейн), LC-1002, LC-1003 и LC-1093.

Оценку на устойчивость гибридов и линий-тестеров подсолнечника к заразики проводили по модифицированной методике [10]. Для заражения заразики растения подсолнечника выращивали в почвенной культуре в сосудах емкостью 10 кг, наполненных смесью почвы и песка в соотношении 3:1. Семенами заразики инфицировали почвенную смесь из расчета 100 мг на 1 кг. При этом распределяли их равномерно в верхней трети сосуда. Семена гибридов и тест-линий подсолнечника высевали по 10 шт. в каждый сосуд. Растения культивировали при 18–25°C. Освещенность в помещении поддерживали на уровне 16 часов в сутки в пределах 4000–7000 лк. Полив осуществляли при подсыхании верхнего слоя почвы. Через 30 дней после посева семян определяли степень поражения растений подсолнечника заразики. Для этого растения подсолнечника выкапывали из сосудов, отмывали их корневую систему водой и подсчитывали количество клубеньков и проростков заразики на корнях.

Математическую обработку результатов исследований проводили по Б.А. Доспехову [10], Г.Ф. Лакину [11].

### Результаты и обсуждение

Дифференциация гибридов подсолнечни-

ка по устойчивости к *Orobanche cumanica* Wallr представлена в табл. 1. Полученные результаты показали, что растения гибридов подсолнечника по-разному поражались паразитом. Гибриды подсолнечника Одесский-249, Згода, Арена ПР, НК Брио, Рими, Титаник, С70165, ЕС Венеция, ЕС Шерпа, PR64A89, Дарий, Форвард, толерантные к расе Е, сильно поражались заразихой. В среднем насчитывалось от 13,3 до 19,8 клубеньков паразита на одно растение подсолнечника.

В меньшей степени заразихой поражались гибриды подсолнечника Робия КС, ЕС Петуния, Тунка, Голдсан, резистентные к расам F и G. В среднем на одно растение подсолнечника приходилось 2,9–8,8 клубеньков паразита. Гибридов подсолнечника, обладающих полным иммунитетом к заразихе, не было выявлено.

Подобные результаты получены и при поражении заразихой линий-дифференциаторов подсолнечника (табл. 2). По результатам иссле-

дований выявлено разную реакцию линий-дифференциаторов подсолнечника на поражение паразитом. Линии-тестеры LC-1002 и LC-1003, устойчивые соответственно к расам D и E, в значительной степени поражались заразихой. Так, растения линии-дифференциатора LC-1002 при заражении семенами паразита поражались на 100%, а растения линии-дифференциатора LC-1003 – на 95%, при чем в среднем на одно растение тест-линии LC-1002 приходилось 16,9 шт. клубеньков заразихи, тогда как на одно растение тест-линии LC-1003 – только 10,6 клубеньков паразита.

В то же время линия-тестер LC-1093, резистентная к расе F, поражалась в меньшей степени заразихой. Процент пораженных растений линии LC-1093 семенами паразита соответственно составлял 85%. При этом в среднем насчитывалось 5,5 шт. клубеньков заразихи на одно растение линии-дифференциатора LC-1093.

Таблица 1. Степень поражения гибридов подсолнечника заразихой

Гибриды подсолнечника, собственник, год регистрации	Устойчивость к расе заразихи	Число протестированных растений, шт.	% пораженных растений	Количество клубеньков заразихи на 1 пораженное растение (среднее значение)
Одесский-249 (СГИ-НЦСС), 1998	А-Е	20	100	15,0 ± 0,3
Згода (СГИ-НЦСС), 1996	А-Е	20	100	13,3 ± 0,4
Арена ПР (Сингента), 2003	А-Е	20	100	18,8 ± 0,2
НК Брио (Сингента), 2004	А-Е	20	100	16,6 ± 0,5
Рими (Нови Сад), 2005	А-Е	20	100	18,2 ± 0,3
Титаник (Нови Сад), 2004	А-Е	20	100	15,9 ± 0,4
С70165 (Лимагрен), 2005	А-Е	20	100	14,4 ± 0,3
ЕС Венеция (Евралис Семенс), 2010	А-Е	20	100	16,1 ± 0,2
ЕС Шерпа (Евралис Семенс), 2011	А-Е	20	100	17,2 ± 0,3
PR64A89 (Пионер), 2008	А-Е	20	100	19,8 ± 0,4
Дарий (ИРЮ), 2005	А-Е	20	100	17,6 ± 0,6
Форвард (ИРЮ), 2008	А-Е	20	100	16,9 ± 0,3
Робия КС (Коссад Семанс), 2010	А-F	20	95	8,8 ± 0,3
ЕС Петуния (Евралис Семенс), 2010	А-F	20	95	7,3 ± 0,1
Тунка (Лимагрейн), 2010	А-G	20	85	3,1 ± 0,3
Голдсан (Лимагрейн), 2010	А-G	20	80	2,9 ± 0,2
НСР <sub>05</sub>				1,2

Таблица 2. Степень поражения линий-дифференциаторов подсолнечника заразихой

Тест-линия подсолнечника	Устойчивость тест-линии к расе заразики	Число протестированных растений, шт.	% пораженных растений	Количество клубеньков заразики на 1 пораженное растение (среднее значение)
LC-1002	A-D	20	100	16,9 ± 0,4
LC-1003	A-E	20	95	10,6 ± 0,2
LC-1093	A-F	20	85	5,5 ± 0,1
НСР <sub>05</sub>				1,4

Селекция подсолнечника на устойчивость к заразики ведется постоянно на протяжении почти столетия, так как в ходе сопряженной эволюции с подсолнечником у этого растения-паразита периодически возникают новые вирулентные расы, преодолевающие иммунитет существующих сортов [13].

Вначале 60-х годов прошлого столетия появилась новая раса заразики С, которую назвали «молдавской» популяцией, что привело впоследствии к эпифитотийной обстановке в стране. К ней все сорта отечественной селекции того времени оказались восприимчивыми. Однако в течение десяти последующих лет успешная селекция, направленная на выведение новых сортов подсолнечника на устойчивость к этой расе, позволила решить данную проблему [14].

В конце 80-х годов прошлого столетия был проанализирован расовый состав популяций заразики на посевных площадях подсолнечника в СССР. Был сделан вывод о преобладании повсеместно расы С (так был назван в СССР молдавский биотип). Последние исследования румынских и испанских ученых свидетельствуют о том, что в 2000–2007 годах возникли новые, более вирулентные – Е (5-ая), F (6-ая), G (7-ая) и H (8-ая) расы заразики. В настоящее время эти расы заразики распространены в Испании, Румынии, Турции, Болгарии и ряде других стран [15].

### Литература

1. Бурлов В.В. Ефективність генів *Og* у забезпеченні стійкості соняшнику до нових рас вовчка (*Orobanche cumana* Wallr.). *Селекція і насінництво*. 2010. № 98. С. 28–37.
2. Yoneyama K., Xie X., Kisugi T., Nomura T., Sekimoto H., Yokota T. et al. Characterization of strigolactones exuded by Asteraceae plants. *Plant Growth Regul.* 2011. Vol. 65. P. 495–504.
3. Reinhardt D. Programming good relations: development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2007. Vol. 10. P. 98–105.
4. Bonfante P., Genre A. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends Plant.* 2008. Vol. 13. P. 492–498.
5. Bouwmeester H.J., Roux C., Lopez-Raez J.A., Bécard G. Rhizosphere communication of plants, parasitic plants and AM fungi. *Trends Plant Sci.* 2007. Vol. 12. P. 224–230.
6. Albrecht H., Yoder J.I., Phillips D.A. Flavonoids promote haustoria formation in the root parasite *Triphysaria versicolor*. *Plant Physiol.* 1999. Vol. 119. P. 585–591.

Примерно до конца 90-х годов проблем с заразихой на подсолнечнике в Украине и России не возникало. Однако в последние годы из разных мест Ставропольского и Краснодарского краев, а также Ростовской области стали поступать сведения о сильной засоренности посевов подсолнечника заразихой (Антонова, 2011) [1].

Данные наших исследований показывают, что популяция заразики в начале XXI века, которая паразитирует на посевах подсолнечника северной части Степи Украины, имеет высокую степень вирулентности, которая преодолевает иммунитет лучших гибридов отечественной и иностранной селекции, устойчивых к Е, F и G рас данного паразита. Появление новых очень агрессивных рас заразики (Е, F и G) свидетельствует о необходимости решения важной задачи по созданию селекционного материала, устойчивого к новым расам этого растения-паразита.

Как правило, такую высокую вирулентность заразики из популяции в северной части Степи Украины можно объяснить нарушением севооборотов и насыщением полей гибридами данной культуры, устойчивых в основном до 4 (D) и 5 (E) рас паразита.

### Выводы

В посевах подсолнечника северной части Степи Украины паразитирует заразики Е, F и G рас.

7. Brewer P.B., Koltai H., Beveridge C.A. Diverse roles of strigolactones in plant development. *Mol. Plant*. 2013. Vol. 6. P. 18–28.
8. Conn C.E., Bythell-Douglas R., Neumann D., Yoshida S., Whittington B., Westwood J.H., et al. Convergent evolution of strigolactone perception enabled host detection in parasitic plants. *Science*. 2015. Vol. 349. P. 540–543.
9. Waters M.T., Scaffidi A., Moulin S.L., Sun Y.K., Flematti G.R., Smith S.M. A Selaginella moellendorffii ortholog of KARRIKIN INSENSITIVE2 functions in Arabidopsis development but cannot mediate responses to karrikins or strigolactones. *Plant Cell*. 2015. Vol. 27. P. 1925–1944.
10. Кукин В.Ф. Метод оценки подсолнечника на устойчивость к заразице. Защита растений от вредителей и болезней. 1960. № 7. С. 39.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
13. Бейлин И.Г. Цветковые полупаразиты и паразиты. М.: Наука, 1968. 118 с.
14. Антонова Т.С. Развитие гаусторий заразицы подсолнечной в корнях иммунных и поражаемых форм подсолнечника. *Ботанич. журн.* 1978. № 7. С. 1025–1029.
15. Kaya Y., Evci Y., Pekcan V., Gucer T. Determining new broomrape infested areas, resistant lines and hybrids in Trakya region of Turke. *Helia*. 2004. № 27. P. 211–218.

### References

1. Burlov V.V. Efficiency of org genes in providing sustainability of sunflower to new rabies (*Orobanche cumana* Wallr.). *Selection and seed production*. 2010. Vol. 98. P. 28–37.
2. Yoneyama K., Xie X., Kisugi T., Nomura T., Sekimoto H., Yokota T. et al. Characterization of strigolactones exuded by Asteraceae plants. *Plant Growth Regul.* 2011. Vol. 65. P. 495–504.
3. Reinhardt D. Programming good relations: development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2007. Vol. 10. P. 98–105.
4. Bonfante P., Genre A. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends Plant.* 2008. Vol. 13. P. 492–498.
5. Bouwmeester H.J., Roux C., Lopez-Raez J.A., Bécard G. Rhizosphere communication of plants, parasitic plants and AM fungi. *Trends Plant Sci.* 2007. Vol. 12. P. 224–230.
6. Albrecht H., Yoder J.I., Phillips D.A. Flavonoids promote haustoria formation in the root parasite *Triphysaria versicolor*. *Plant Physiol.* 1999. Vol. 119. P. 585–591.
7. Brewer P.B., Koltai H., Beveridge C.A. Diverse roles of strigolactones in plant development. *Mol. Plant*. 2013. Vol. 6. P. 18–28.
8. Conn C.E., Bythell-Douglas R., Neumann D., Yoshida S., Whittington B., Westwood J.H., et al. Convergent evolution of strigolactone perception enabled host detection in parasitic plants. *Science*. 2015. Vol. 349. P. 540–543.
9. Waters M.T., Scaffidi A., Moulin S.L., Sun Y.K., Flematti G.R., Smith S.M. A Selaginella moellendorffii ortholog of KARRIKIN INSENSITIVE2 functions in Arabidopsis development but cannot mediate responses to karrikins or strigolactones. *Plant Cell*. 2015. Vol. 27. P. 1925–1944.
10. Kukin V.F. A method for assessing sunflower resistance to broomrape. Protection of plants from pests and diseases. 1960. № 7. P. 39.
11. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). М.: Агропромиздат, 1985. 351 p.
12. Lakin G.F. Biometriya. М.: Vysh. shk., 1990. 352 p.
13. Beilin I.G. Flower half parasites and parasites. М.: Science, 1968. 118 p.
14. Antonova T.S. The development of haustoria broomrape in the sunflower in the roots of immune and affected forms of sunflower. *Botanich. journal.* 1978. № 7. P. 1025–1029.
15. Kaya Y., Evci Y., Pekcan V., Gucer T. Determining new broomrape infested areas, resistant lines and hybrids in Trakya region of Turke. *Helia*. 2004. № 27. P. 211–218.

### HABLAK S.G.<sup>1</sup>, ABDULLAEVA Y.A.<sup>2</sup>, RYABOVOL L.O.<sup>3</sup>, RYABOVOL Y.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Agropromholding Kernel, Research and Development Center, Ukraine, 17600, Varva, e-mail: sergeyhab211981@gmail.com

<sup>2</sup> Agropromholding "Kernel", Testing laboratory, Ukraine, 17600, Varva, e-mail: asmina5oskar@gmail.com

<sup>3</sup> Umanian National University of Horticulture, Ukraine, 20301, Uman, e-mail: liudmila1511@ukr.net

### SUSCEPTIBILITY OF SIBERIAN HYBRIDS NEW RACES OF ZARAZHI

**Aim.** A study of the racial composition of broomrape on sunflower crops in the northern part of the Steppe of Ukraine. **Methods.** Assessment of the resistance of hybrids and sunflower test lines to broomrape was carried out by a modified soil method. **Results.** The broomrape parasitizing on the fields of sunflower has a high

degree of virulence, which overcomes the immunity of the best hybrids of domestic and foreign breeding, resistant to the E, F and G races of this parasite. **Conclusions.** The emergence of new very aggressive broomrape races (E, F and G) indicates the important need to solve the problem of creating breeding material resistant to new races of this parasitic plant. Intensive with the accumulation of parasite races E, F and G in the sunflower crops is associated with the disruption of crop rotations and the saturation of fields with hybrids of this culture, resistant mainly to 4 (D) and 5 (E) races of the parasite.

**Keywords:** *Orobanche cumana* Wallr., race, sunflower, hybrid, root system, root allocation, strigolactones.

**ХАБЛАКУ С.Г.<sup>1</sup>, АБДУЛЛАСВА Я.А.<sup>2</sup>, РЯБОВОЛ Л.О.<sup>3</sup>, РЯБОВОЛ Я.С.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Агропромхолдинг «Кернел», Науково-дослідний центр,  
Україна, 17600, с. Варва, e-mail: sergeyhab211981@gmail.com

<sup>2</sup> Агропромхолдинг «Кернел», Випробувальна лабораторія,  
Україна, 17600, с. Варва, e-mail: astina5oskar@gmail.com

<sup>3</sup> Уманський національний університет садівництва, кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології,

Україна, 20301, м. Умань, e-mail: liudmila1511@ukr.net

### **ЧУТЛИВІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ДО НОВИХ РАС ВОВЧКА**

**Мета.** Вивчення расового складу вовчка на посівах соняшнику в умовах північної частини Степу України. **Методи.** Оцінку на стійкість гібридів і ліній-тестерів соняшнику до вовчка проводили за модифікованою ґрунтовою методикою. **Результати.** Популяція вовчка, яка паразитує на полях соняшнику, має високу ступінь вірулентності, яка долає імунітет кращих гібридів вітчизняної та іноземної селекції, стійких до E, F і G рас цього паразита. **Висновки.** Поява нових дуже агресивних рас вовчка (E, F і G) свідчить про важливу необхідність вирішення завдання зі створення селекційного матеріалу, стійкого до нових рас цієї рослини-паразита. Інтенсивне накопиченням у посівах соняшнику паразита рас E, F і G пов'язано з порушенням сівозмін і насиченням полів гібридами цієї культури, стійкими в основному до 4 (D) і 5 (E) рас паразита.

**Ключові слова:** *Orobanche cumana* Wallr., раса, соняшник, гібрид, коренева система, кореневі виділення, стріголактони.