

Изменчивость заразики, паразитирующей на подсолнечнике, при интенсивном его возделывании в регионах Российской Федерации

© 2024. Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова✉, М. В. Ивебор, С. Л. Саукова
ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Российская Федерация

Ежегодный мониторинг засорённости полей семенами заразики на протяжении последних 15 лет показывает, что, несмотря на широкое распространение повсеместно расы G, на многих из них сохраняется примесь семян других, более слабых рас: E и F. Цель исследований – идентифицировать расовую принадлежность семян заразики с полей регионов РФ, где возделывается подсолнечник, и описать новые ботанические признаки у представителей наиболее распространённой расы G паразита. Для идентификации рас использовали международно принятые линии-дифференциаторы подсолнечника LC 1093, P 96, устойчивые к расам заразики от A до F, а также авторскую линию RG, обладающую иммунитетом к расе G и всем предыдущим, гибрид НК Брио (устойчив к расам от A до E) и гибрид Тунка (устойчив к расам от A до G). На отдельных полях Краснодарского и Ставропольского краёв, Ростовской, Воронежской, Самарской, Оренбургской областей в 2020–2022 гг. выявлен пока в малом количестве высокоагрессивный биотип паразита (будущая раса H). Очевидно, что продолжение интенсивного возделывания подсолнечника на этих полях приведёт к быстрому распространению расы H в указанных регионах. Кроме расового разнообразия, отмечены часто встречающиеся изменения габитуса растений (кустистые формы) у ряда представителей расы G. Впервые нами показано разрастание гаусториально-клубеньковой области паразита и формирование множественных стеблей из одного клубенька. Это создаёт преимущество в конкурентных отношениях за питание между особями заразики, располагающимися рядом на одном корне подсолнечника и, в конечном итоге, ускоряет и увеличивает семенную продуктивность растения. Быстрая эволюция *Orobanche cithara* Wallr. в ходе интенсификации возделывания подсолнечника выражается не только в формировании новых физиологических рас, но и в ускоренном увеличении семенной продуктивности паразита путём изменения габитуса растений, включая гаусториально-клубеньковую область.

Ключевые слова: *Orobanche cithara* Wallr., расы заразики, гаусториально-клубеньковая область, изменение габитуса, кустистость

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (тема № FGRU-2022-0009).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Ивебор М. В., Саукова С. Л. Изменчивость заразики, паразитирующей на подсолнечнике, при интенсивном его возделывании в регионах Российской Федерации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(1):53–61. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.53-61>

Поступила: 11.12.2023 Принята к публикации: 22.01.2024 Опубликована онлайн: 28.02.2024

Variability of broomrape parasitizing on sunflower during its intensive cultivation in the regions of the Russian Federation

© 2024. Tatyana S. Antonova, Nina M. Araslanova✉, Maria V. Iwebor, Svetlana L. Saukova
V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russian Federation

Annual monitoring of broomrape seed infestation of fields over the last 15 years shows that despite the widespread distribution of race G, seeds of other, weaker races E and F remain in many fields. The aim of the research was to identify the racial belonging of broomrape seeds from fields in sunflower-growing regions of the Russian Federation and to describe new botanical characteristics in representatives of the most widespread race G of the parasite. To identify the races, there were used the internationally accepted sunflower differential lines LC 1093, P 96, resistant to races A to F, as well as the original line RG, which is immune to race G and all previous races, hybrid NK Brio (resistant to races A to E) and hybrid Tunka (resistant to races A to G). A highly aggressive parasite biotype (future race H) has so far been identified in small numbers in some fields in the Krasnodar, Stavropol, Rostov, Voronezh, Samara and Orenburg regions. Obviously, the continuation of intensive sunflower cultivation in these fields will lead to a rapid spread of race H in these regions. In addition to the racial diversity, frequent changes in plant habitus (bushy forms) were observed in some representatives of race G. For the first time, there has been demonstrated an overgrowth of the haustorial-tubercle area of the parasite and the formation of multiple stems from a single tubercle. This creates an advantage in the competition for food between adjacent broomrape individuals on the same

*sunflower root and ultimately accelerates and increases the seed production of the plant. The rapid evolution of *Orobanche cumana* Wallr. during the intensification of sunflower cultivation is expressed not only in the formation of new physiological races, but also in an accelerated increase in the seed productivity of the parasite by changing the habitus of the plants, including the haustorial-tubercle area.*

Keywords: *Orobanche cumana* Wallr., races of broomrape, haustorial-tubercle area, habitus change, bushiness

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (Theme No. FGRU-2022-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Antonova T. S., Araslanova N. M., Iwebor M. V., Saukova S. L. Variability of broomrape parasitizing on sunflower during its intensive cultivation in the regions of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(1):53–61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.53-61>

Received: 11.12.2023

Accepted for publication: 22.01.2023

Published online: 28.02.2024

Широко распространённый в большинстве стран, возделывающих подсолнечник, его облигатный паразит из высших растений – зарази́ха (*Orobanche cumana* Wallr.) – наносит ощутимый ущерб урожаям этой культуры [1, 2, 3], особенно вред в Европейских странах [4, 5, 6] и Средиземноморье [7]. Быстрая адаптация зарази́хи к возделываемому сортименту подсолнечника создаёт постоянные проблемы для селекцио-неров не только Европы, но и Китая [8, 9, 10]. Сопряжённая эволюция *O. cumana* и подсолнечника приводит к быстрому возникновению новых рас паразита, преодолевающих устойчивость выращиваемого сортимента подсолнечника [11, 12]. В Российской Федерации подсолнечник – основная масличная культура, высокорентабельная и этим привлекательная для возделывания. На протяжении трёх последних десятилетий площади, ежегодно занятые подсолнечником в РФ, неуклонно увеличиваются, достигнув в 2022 году 10 032 800 га. Тогда как изначально (более 30 лет назад) на всём бывшем советском пространстве эта культура занимала совокупную площадь 2 322 000 га [13]. Такой стремительный рост площадей, занятых подсолнечником, связан с сокращением научно обоснованного срока ротации этой культуры в севооборотах с 8–10 до 1–3 лет. В настоящее время повсеместное возделывание подсолнечника в севооборотах короткой ротации обостряет проблемы борьбы с зарази́хой.

Сокращение севооборота способствовало ускорению мутационного процесса зарази́хи, быстрому увеличению частоты появления её новых поколений и расширению ареалов их распространения. Этот процесс привёл не только к увеличению частоты возникновения новых биотипов зарази́хи, способных преодолеть устойчивость к ней у возделываемого сортимента подсолнечника, но и ускорил появление новых физиологических рас, формирование

наследственно закреплённых признаков, способствующих развитию особи паразита, увеличению её семенной продуктивности и выживаемости под влиянием стремления человека уничтожить этот злостный сорняк. Подчеркнём этот факт: наблюдаются не только сопряжённая эволюция зарази́хи и подсолнечника, но и быстрые, наследственно закрепляющиеся изменения у отдельных особей паразита, улучшающие их устойчивость к неблагоприятным условиям среды обитания, возникающим под воздействием человека.

Цель исследований – идентифицировать расовую принадлежность семян зарази́хи с полей регионов РФ, где возделывается подсолнечник, и описать новые ботанические признаки у представителей паразитов наиболее распространённой расы G.

Научная новизна – у особи *O. Cumana* выявлено новообразование в корне подсолнечника – утолщение гаусториальной области, которое часто встречается у представителей расы G и сопровождается формированием кустистого габитуса растения-паразита в отличие от классической одностебельной формы.

Материал и методы. Идентификацию расовой принадлежности семян зарази́хи, собираемых ежегодно для селекции сортов и гибридов подсолнечника на устойчивость к эволюционирующим расам этого растения-паразита, проводили с использованием следующих генотипов подсолнечника: гибрид НК Брио (устойчив к 5 расам зарази́хи от А до Е), линия LC 1093 (устойчива к расе F румынского типа, включая предыдущие расы), линия Р 96 (устойчива к расе F испанского типа и всем предыдущим), гибрид Тунка (устойчив к расам от А до G) и линия RG (устойчива к расе G и всем предыдущим), созданная в лаборатории иммунитета Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных

культур имени В. С. Пустовойта» (ВНИИМК). Восприимчивый ко всем расам заразики сорт подсолнечника ВНИИМК 8883 использовали как контрольный вариант.

Семена каждого образца заразики смешивали с почвенно-песчаной смесью (3:1) из расчёта не менее 200 мг на 1 кг этой смеси, которой наполняли пластиковые ящики размером 50x20x20 см. Высевали в них семена вышеуказанных генотипов подсолнечника и помещали в камеру искусственного климата Биотрон-5. Выращивали при температуре 25–27 °С, 16-часовом фотопериоде и соответствующей освещённости.

Проводили умеренный полив всходов при высыхании верхнего слоя почвы. Через 25 дней после появления всходов растения выкапывали и отмывали корни водой. Подсчитывали количество клубеньков и побегов заразики на корнях 20 растений каждого дифференциатора, вычисляли среднюю степень поражения растений и сравнивали с контрольным вариантом в соответствии с методическими рекомендациями [14].

Семена чистой расы G заразики собирали с гибридов подсолнечника иностранной селекции, содержащих ген *Or7*. Присутствие этого гена лишь в одной из родительских линий гибрида (обычно в отцовской форме) придаёт неполную устойчивость к расе G заразики. При этом наблюдается некоторая степень поражения гибридных растений. Семена заразики, собранные с таких поражённых растений, при их идентификации всегда представляли собой расу G [15].

С помощью стереоскопического микроскопа наблюдали ранние стадии формирования клубеньков и побегов заразики на корнях растений восприимчивого к расе G сорта подсолнечника, выращенного на инфекционном фоне, созданном из семян этой расы.

Результаты и их обсуждение. Ежегодный мониторинг расовой принадлежности семян заразики, собираемой в посевах подсолнечника разных регионов РФ: Самарской, Саратовской, Воронежской, Ростовской, Оренбургской, Волгоградской, Белгородской областей, Краснодарского и Ставропольского краёв, показывает повсеместно широкое распространение расы G в настоящее время. Однако вместе с этим до сих пор обнаруживаются поля, где в наличии имеется лишь раса E или F, или наблюдается смесь двух-трёх рас с преобладанием какой-либо одной из них. В таблице представлены выборочные данные по отдельным полям (в общей слож-

ности 25) из шести регионов Российской Федерации за 2020–2022 гг. В целом, и по другим регионам, но не показанным в таблице, картина сходна с этими данными.

В представленной в таблице выборке полей за период 2020–2022 гг. на семи из них доминирует наименее вирулентная раса E. В целом, анализ расовой принадлежности образцов семян заразики, собранных в период 2020–2022 гг. в разных регионах, показал их заметную неоднородность по вирулентности. Поэтому мониторинг расовой принадлежности семян заразики с разных полей в регионах возделывания подсолнечника РФ продолжает оставаться актуальным и является необходимым условием для правильного размещения возделываемого сорта подсолнечника, что способно замедлить образование высоковирулентных биотипов паразита на каждом конкретном поле.

Наличие в настоящее время в полях более слабых рас E и F можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, давно известно, что всхожесть семян заразики в полевых условиях может сохраняться до 20 лет [16]. Во-вторых, некоторые хозяйства поступают разумно, стремясь сохранить длительный севооборот, чем замедляют формирование и распространение более вирулентных биотипов паразита. В-третьих, в России, кроме гибридов, традиционно продолжается возделывание сортов подсолнечника, на которых более слабые расы заразики могут воспроизводить новые поколения семян и тем самым продлевать своё существование в агроценозах.

Вместе с тем, в каждом из этих регионов уже имеются поля, где происходит накопление ещё более вирулентного биотипа H, преодолевшего устойчивость линии RG. В общей сложности половина представленных в таблице полей содержит этот биотип заразики. Вопрос времени, когда на проблемных полях накопится достаточно много семян этого биотипа, чтобы их можно было собирать для создания жёсткого инфекционного фона при отборе устойчивых генотипов подсолнечника в селекции на иммунитет.

Как видно из данных таблицы, в настоящее время на полях РФ преобладает раса G. В продолжение наших более ранних исследований по искусственному заражению растений подсолнечника заразой на инфекционном фоне, созданном из семян расы G, наблюдали ранние стадии формирования клубеньков паразита.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ /
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT PROTECTION**

Таблица – Степень поражения* дифференциаторов устойчивости подсолнечника заразой, собранной на отдельных полях шести регионов РФ в 2020–2022 гг. /

Table – Degree of damage* to differentiators of sunflower resistance by broomrape collected in separate fields in six regions of the Russian Federation in 2020–2022

Район сбора семян заразихи / District of broomrape seeds collection	Контроль ВНИИМК 8883 / Control VNIIMK 8883	Дифференциаторы, устойчивые к расам / Differentiators, resistant to races					Преобладающая раса заразихи в образце семян / Predominant race of broomrape in a seed sample	Примесь других рас в образце семян / Admixture of other races in the seed sample
		A-E (NK Bryo)	A-F (LC1093)	A-F (P 96)	A-G (Tunca)	A-G (RG)		
Ростовская область / Rostov region								
Азовский / Azovskij	30	12	20	5	6	0	G	E
Зерноградский / Zernogradskii	42	41	10	4	3	0,7	F	G, H
Октябрьский / Oktyabrskii	38	12	11	3	1,8	0	E	G
Матвеево-Курганский / Matveev-Kurganskii	55	48	59	31	15	6,0	G	H
Боковский / Bokovskii	53	59	36	23	2	0,9	F+G	H
Воронежская область / Voronezh region								
Калачевский / Kalatchevskii	41	20	22	9	9	0	G	E
Павловский / Pavlovskii	36	11	10	5	2	0,7	E	G, H
Новоусманский / Novousmanskii	31	30	21	16	4	2	F+ G	H
Каширский / Kashirskii	33	13	6	0	1	0,3	E	F, G, H
Самарская область / Samara region								
Большеглушицкий / Bolsheglushitskii	30	13	21	2	5	0,4	G	E, H
Волжский / Voljskii	42	18	28	4	6	0,5	G	F, H
Нефтегорский / Neftegorskii	34	9	9	5	4	0	E	G
Оренбургская область / Orenburg region								
Октябрьский / Oktyabrskii	30	31	15	0,3	4	0	F+ G	
Племановский / Plemanovskii	29	28	25	2	3	1	G	H
Бугурусланский / Buguruslanskii	32	0,6	0,4	0.5	2	0	E	G
Курманаевский / Kurmanaevskii	51	43	5,5	0,1	2	0	E	F, G
Ставропольский край / Stavropol region								
Кочубеевский / Kotchubeevskii	38	29	14	9	4	0	E	G
Советский / Sovetskii	56	39	23	7	11	1	E+ F+ G	H
Краснодарский край / Krasnodar region								
Приморско-Ахтарский / Primorsko-Ahtarskii	32	23	22	3	6	05	G	E
Крыловской / Krilovskoi	34	33	30	7	3	0,8	G	H
Выселковский / Viselkovskii	49	38	30	16	8	0	G	E, F
Брюховецкий / Bryukhovetskii	33	37	18	14	0	4	F+ G	H
Каневской / Kanevskoi	28	36	22	8	08	0	G	F
Тбилисский / Tbilisskii	38	23	24	4	3	0	G	E
Гиагинский / Giaginskii	36	31	39	2	1,5	4	G	H

* Степень поражения – количество особей заразы на одно поражённое растение подсолнечника /

* The degree of infection is the number of broomrape individuals per infected sunflower plant.

Изучение с помощью стереоскопического микроскопа ранних стадий развития клубеньков и побегов заразили расы G при поражении восприимчивых к ней генотипов подсолнечника показало, что описанная нами ранее [11] стадия утолщения корня растения-хозяина в гаусториальной области паразита постоянно наблюдается с довольно высокой частотой при оценке устойчивости селекционного материала подсолнечника на инфекционном фоне, созданном из семян расы G заразили. Мы по-прежнему наблюдаем утолщения (равно как и отсутствие их) гаусториальной области паразита в корне

растения подсолнечника под развивающимися клубеньками (рис. 1, а-и). Причём на одном и том же корне растения-хозяина могут располагаться рядом клубеньки с утолщением под ним, и клубеньки без утолщения (рис. 1, з, и). Это доказывает, что стимуляция формирования такого утолщения является свойством отдельных особей *O. cirtana*. При этом на рисунке 1, з крупный клубеньки, расположенный слева, питается сразу от двух корней растения-хозяина и обе гаусториальные области утолщены (показаны стрелками). Справа под двумя другими клубеньками, расположенными на разных корнях, утолщения отсутствуют.

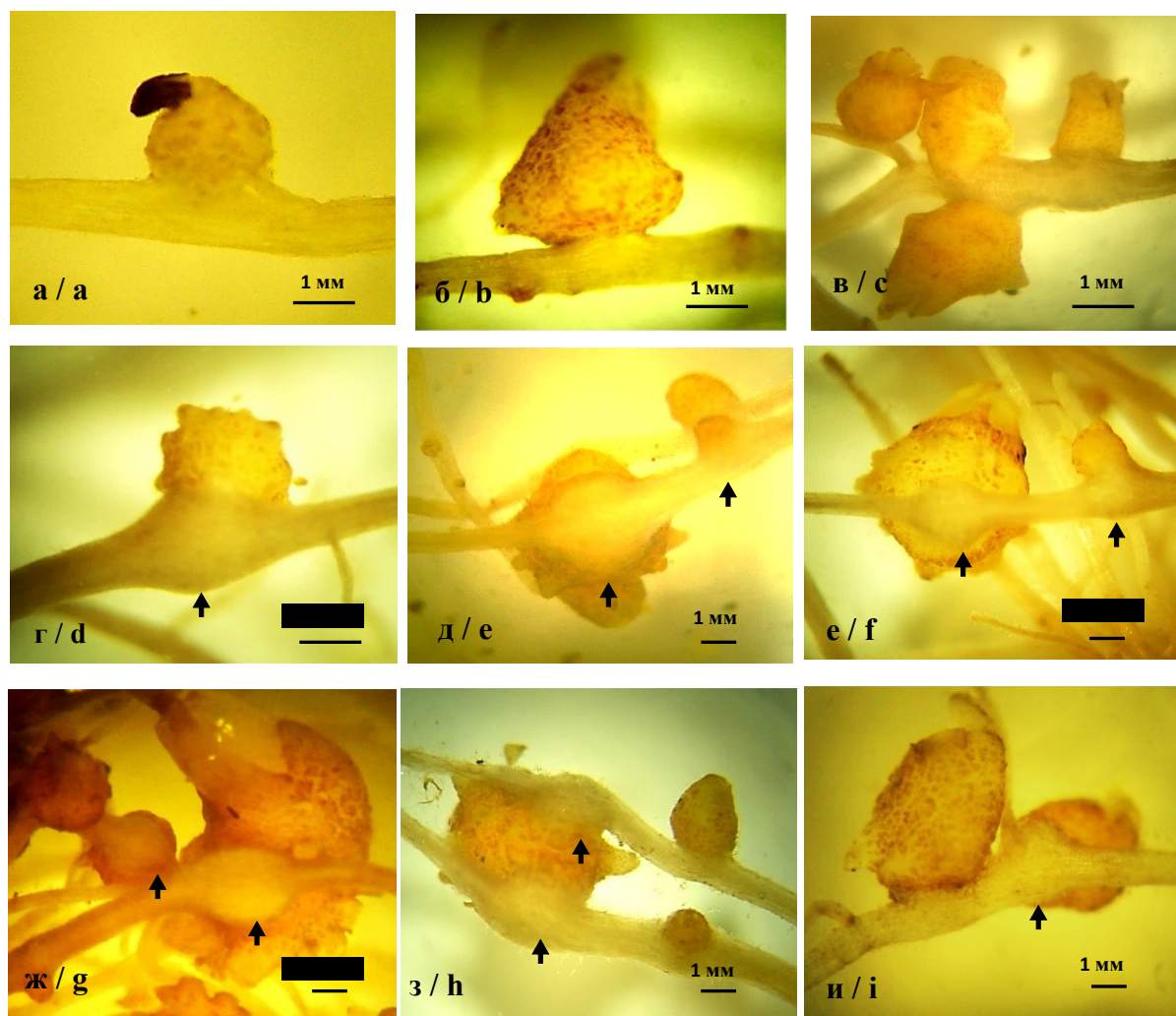


Рис. 1. Область сочленения клубенька заразили с корнем подсолнечника: а, б, в – отсутствие утолщения корня под клубеньками; г, д, е, ж – наличие утолщений (показаны стрелками); з, и – расположенные рядом на одном корне клубеньки без утолщений под ними и с утолщениями (показаны стрелкой); h – крупный клубеньки (слева) имеет гаусториальные области в двух корнях растения-хозяина и обе они утолщены (показаны стрелками). Справа под двумя другими клубеньками на разных корнях утолщения отсутствуют (ориг.)

Fig. 1. The area of connection of the broomrape tubercle with the sunflower root: a, b, c – absence of root thickening under the tubercles; d, e, f, g – presence of thickenings (indicated by arrows); h, i – tubercles next to each other on the same root without thickenings under them and with thickenings (indicated by arrow); h – a large tubercle (left) has haustorial areas in two roots of the host plant and both are thickened (indicated by arrows). On the right, there are no thickenings under two other tubercles on different roots (orig.)

Как правило, в клубеньке, под которым имеется утолщение корня растения-хозяина, закладываются многочисленные меристемы роста, из которых развиваются множественные побеги (рис. 2, а, б, в, г). При выходе их на поверхность почвы наблюдаем кустистые формы (рис. 3, а, б) отдельных особей заразики,

которые стали частым явлением в посевах подсолнечника на полях, засоренных семенами расы G. Габитус одного растения заразики заметно изменился с 1-2-стебельного до многостебельного, хотя и те, и другие формы ещё долгое время будут сосуществовать в посевах подсолнечника.

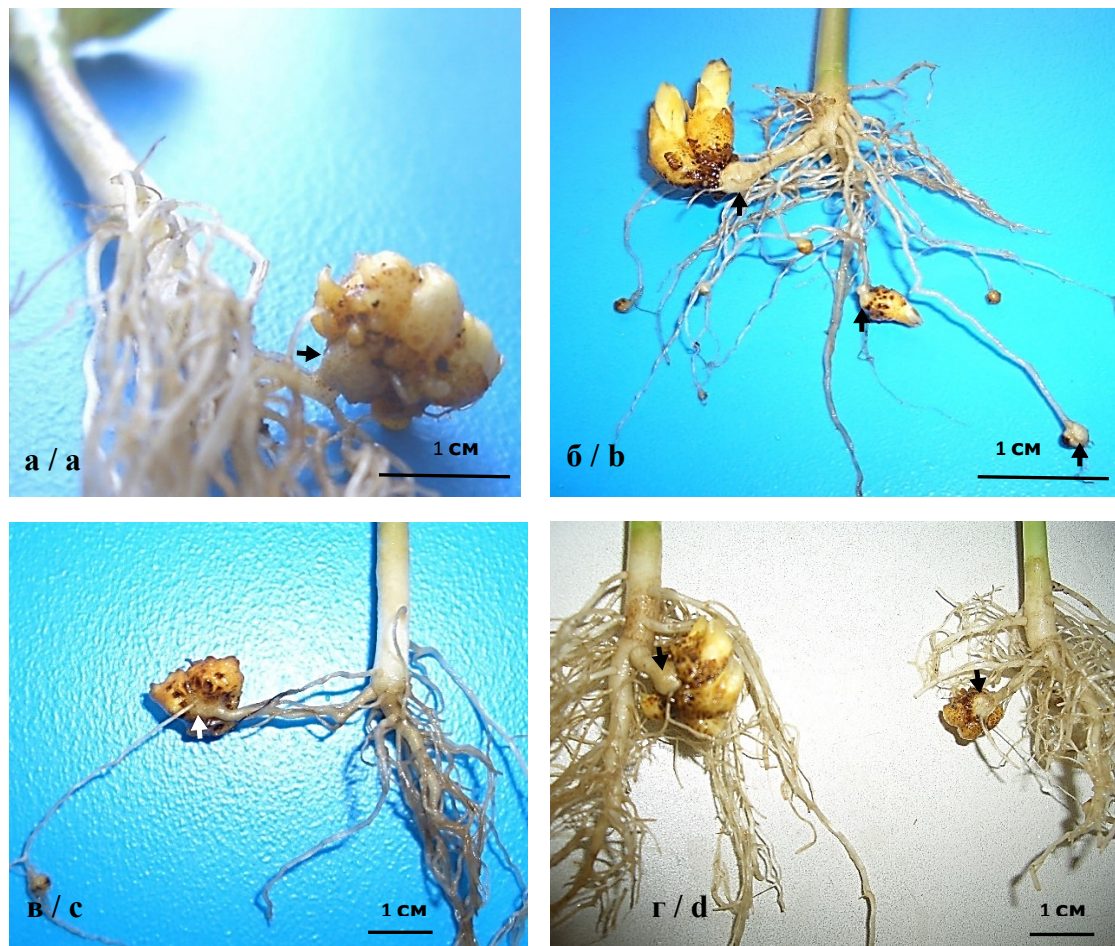


Рис. 2. Множественные побеги, развивающиеся из клубенька *Orobanchе cumana* Wallr. с утолщением под ним корня растения подсолнечника (а, в, г); б – утолщения корня под побегами заразики и только начавшими развиваться клубеньками (ориг.) /

Fig. 2. Multiple shoots developing from *Orobanchе cumana* Wallr. tuber with thickening of the sunflower root underneath (a, c, d); b – thickening of the root under broomrape shoots and tubercles that are just beginning to develop (orig.)

Наблюдали также явление, когда клубенёк оказывается частично или полностью погружённым в разросшееся утолщение гаусториальной области в корне подсолнечника, при этом нижняя часть клубенька скрыта тканями корня (рис. 4, а, б). Из такого клубенька, как правило, развиваются множественные побеги.

Это дает основание предполагать, что в ходе постепенных преобразований клубеньки вида *Orobanchе cumana* будут погружёнными в ткани корня подсолнечника. С точки зрения преимущества такого расположения клубенька перед наружным для особи заразики, парази-

тирующей на подсолнечнике, это эволюционно более продвинутый признак – клубенёк оказывается защищённым от механических повреждений, когда выполняется междурядная прополка посевов. Собственно, клубенёк, как базовая ступень формирования будущего стебля паразита, выполняет функцию накопления в своих клетках питательных веществ, необходимых для закладки и развития апикальной меристемы (одной или нескольких) и начала роста побега. Для выполнения этой функции ему вовсе не обязательно находиться снаружи корня растения-хозяина.



Рис. 3. Кустистость – новый габитус, встречающийся среди растений расы G *Orobanchе cumana* на подсолнечнике: а – созревший куст; б – цветущие кусты (показаны стрелками) на одном растении-хозяине (ориг.) /

Fig. 3. Bushiness is a new habitus found in plants of race G of *Orobanchе cumana* on sunflower: а – mature bush; b – flowering bushes of some individuals (indicated by arrows) on the same host plant (orig.)

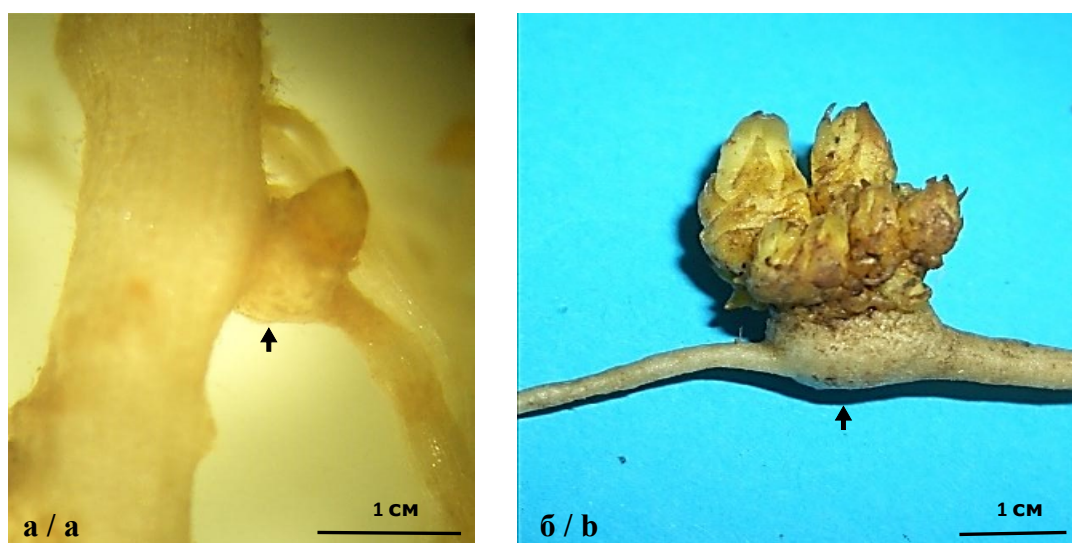


Рис. 4. Утолщения (показаны стрелками) гаусториальной области в корне подсолнечника, скрывающие клубеньки заразики: а – полное погружение клубенька, начавший развиваться побег заразики выходит сразу из утолщения в пазухе придаточного корня; б – частичное погружение клубенька, нижняя часть которого скрыта тканями корня, а из верхней его части развиваются мощные множественные побеги (ориг.) /

Fig. 4. Thickenings (indicated by arrows) of the haustorial area in the sunflower root, hiding the broomrape tubercle: а – complete absorption of the tubercle, the broomrape shoot that has started to develop emerges directly from the thickening in the sinus of the additional root; b – partial absorption of the tubercle, its lower part is hidden by the root tissue, and strong multiple shoots develop from its upper part (orig.).

Разрастание запасавшей ткани паразита и заполнение её питательными веществами внутри корня подсолнечника способно обеспечить стартовое развитие у одной особи заразики большего количества побегов, стеблей и, в конечном итоге, получение большего коли-

чества семян. Возможно, что укреплению всей структуры, которую мы назвали утолщением корня подсолнечника в гаусториальной области паразита, способствует ускоренное формирование вторичных тканей в развивающемся корне растения-хозяина. Возможно также, что

заразиха «научилась» стимулировать ускоренное образование вторичных тканей в корне растения-хозяина для защиты и укрепления собственных клеток и тканей в гаусториально-клубеньковой области. Необходимо сделать анатомические разрезы таких утолщений и дифференцировать в них ткани паразита и хозяина. Это должно быть предметом дальнейших исследований.

Заключение. Поля регионов РФ, возделывающих подсолнечник, в настоящее время засорены семенами преобладающей расы G *Orobanche cumana* Wallr. Однако до сих пор выявляются поля, где в наличии имеется лишь раса E или F, или наблюдается смесь двух-трёх рас с преобладанием какой-либо одной из них. Вместе с тем, в каждом из этих регионов уже имеются поля, где происходит накопление наиболее вирулентного биотипа H. Поэтому мониторинг расовой принадлежности семян заразихи с разных полей в регионах возделывания подсолнечника продолжает оставаться

актуальным и является необходимым условием для правильного размещения возделываемого сорта подсолнечника, что способно замедлить образование высоковирулентных биотипов паразита на каждом конкретном поле.

Гаусториальная область особи *O. cumana* в корне подсолнечника играет важнейшую роль в успешном развитии жизненного цикла паразита. У представителей расы G этого вида заразихи в настоящее время наблюдаются два типа гаусториальной области в корне подсолнечника: утолщенная и обычная (неутолщенная). Из клубенька заразихи, формирующегося над утолщенной гаусториальной областью, вырастают множественные побеги, которые образуют куст на поверхности почвы. Кустистая форма – новый, наследственно закреплённый габитус отдельных особей расы G у *O. cumana*, достаточно часто встречающийся на полях регионов РФ. Обнаружено явление частичного и полного погружения клубенька заразихи внутрь корня хозяина.

References

1. Kaya Y. Current situation of sunflower broomrape around the world. Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower. Cordoba, Spain, 2014. Pp. 9–18. URL: https://www.researchgate.net/profile/Yalcin-Kaya/publication/283085076_The_situation_of_broomrape_infestation_control_methods_in_sunflower_production_areas_in_Turkey/links/5629e4b708ae04c2aeb147b5/The-situation-of-broomrape-infestation-control-methods-in-sunflower-production-areas-in-Turkey.pdf
2. Ma D. T., Jan C. C. Distribution and race composition of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Northern China. Proc. 3rd Int. Symp. on Broomrape (*Orobanche* spp.) in Sunflower. Cordoba, Spain, 2014. Pp. 65–69.
3. Molinero-Ruiz L., Delavault P., Perez-Vich B., Pacureanu-Joita M., Bulos M., Altieri E., Dominguez J. History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: A review. Spanish journal of Agricultural Research. 2015;13(4):e10R01. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2015134-8080>
4. Martín-Sanz A., Malek J., Fernández-Martínez J. M., Pérez-Vich B., Velasco L. Increased virulence in sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) populations from Southern Spain is associated with greater genetic diversity. Frontiers in Plant Science. 2016;7:589. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00589>
5. Risnoveanu L., Joita-Pacureanu M. J., Anton F. G. The virulence of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower crop in Braila area, in Romania. Helia. 2016;39(65):189–196. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2016-0015>
6. Maklik E., Kyrychenko V. V., Pacureanu M. J. Race composition and phenology of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Ukraine. Proceedings of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower, Bucharest, Romania, 2018. Pp. 67–78.
7. Rubiales D. Can we breed for durable resistance to broomrapes? Phytopathologia Mediterranea. 2018;57(1):170–185. DOI: https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-22543
8. Dedic B., Radeka I., Jocić S., Miladinović D., Cvejić S., Jocković M., Radanović A., Miklić V. Sunflower broomrape – update on virulence in Serbia. Proceedings of the 20th International Sunflower Conference, Novi Sad, Serbia, 2022. P. 164. URL: <http://fiver.ifvcns.rs/handle/123456789/2891>
9. Duca M., Clapco S., Gisca I., Cucereavii A., Martea R., Wang C. Aggressiveness of broomrape populations infesting sunflower in different countries. Proceedings of the 20th International Sunflower Conference, Novi Sad, Serbia, 2022. P. 257.
10. 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. Proceedings of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower, Bucharest, Romania, 2018. P. 19–22.
11. Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Ивебор М. В., Саукова С. Л. К морфофизиологической коэволюции заразихи (*Orobanche cumana*) и подсолнечника. Масличные культуры. 2022;(4(192)):12–19. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-4-192-12-19> EDN: EOZPKV
- Antonova T. S., Araslanova N. M., Ivebor M. V., Saukova S. L. To the morphophysiological co-evolution of the broomrape (*Orobanche cumana*) and sunflower. *Maslichnye kul'tury*. 2022;(4(192)):12–19. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-4-192-12-19>

12. Fernandez-Melero B., Martin-Sanz A., del Moral L., Perez-Vich B., Velasco L. A novel sunflower broomrape race with unusual virulence potentially caused by a mutation. *Front. Plant Sci.* 2023;14:1236511. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1236511>
13. Antonova T. S. The history of interconnected evolution of *Orobanche cumana* Wallr. and sunflower in the Russian Federation and Kazakhstan. *Helia*. 2014;37(61):215–225. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0017>
14. Антонова Т. С., Питинова Ю. В., Арасланова Н. М., Демури Я. Н. Методические особенности создания инфекционных фонов из семян заразили в селекции подсолнечника на иммунитет. Масличные культуры. 2019;(2(178)):97–102. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-2-178-97-102> EDN: AVKLFP
- Antonova T. S., Pitinova Yu. V., Araslanova N. M., Demurin Ya. N. Methodological peculiarities of developing infection background from broomrape seeds in sunflower breeding for immunity. *Maslichnye kul'tury*. 2019;(2(178)):97–102. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-2-178-97-102>
15. Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Гучетль С. З., Челюстникова Т. А. Способ ускорения получения линии-донора устойчивости подсолнечника к заразили расы G (*Orobanche cumana* Wallr.). Патент № 2720915 Российская Федерация. № заявки 2019124249; заявл. 26.07.2019; опубл. 14.05.2020. Бюл. №14. 8 с. Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
- Antonova T. S., Araslanova N. M., Guchetl' S. Z., Chelyustnikova T. A. A method to accelerate the production of a donor line for sunflower resistance to G-race infection (*Orobanche cumana* Wallr.). Patent RF no. 2720915, 2020. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
16. Molinero-Ruiz M. L., Perez-Vich B., Pineda-Martos R., Melero-Vara J. M. Indigenous highly virulent accessions of the sunflower root parasitic weed *Orobanche cumana*. *Weed Research*. 2008;48(2):169–178. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00611.x>

Сведения об авторах

Антонова Татьяна Сергеевна, доктор биол. наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории иммунитета, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8915-1136>

✉ **Арасланова Нина Михайловна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3607-9254>, e-mail: araslanova-nina@mail.ru

Ивебор Мария Вячеславовна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3973-2965>

Саукова Светлана Леонидовна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2176-3491>

Information about the authors

Tatyana S. Antonova, DSc in Biology, chief researcher, Head of the Laboratory of Immunity, V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, 17 Filatov str., Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8915-1136>

✉ **Nina M. Araslanova**, PhD in Agriculture, leading researcher, the Laboratory of Immunity, V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, 17 Filatov str., Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3607-9254>, e-mail: araslanova-nina@mail.ru

Maria V. Iwebor, PhD in Agriculture, leading researcher, the Laboratory of Immunity, V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, 17 Filatov str., Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3973-2965>

Svetlana L. Saukova, PhD in Biology, senior researcher, the Laboratory of Immunity, V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, 17 Filatov str., Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2176-3491>

✉ – Для контактов / Corresponding author