

*На правах рукописи*



**СТРЕЛЬНИКОВ ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**АНАЛИЗ РАСОВОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ЗАРАЗИХИ  
*Orobanche cymana* Wallr. И СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВОГО  
ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Специальность 06.01.05 – селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Краснодар – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» в 2012-2016 гг.

Научный руководитель: **Антонова Татьяна Сергеевна,**  
доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией иммунитета и молекулярного маркирования отдела подсолнечника

Официальные оппоненты: **Аблова Ирина Борисовна,**  
доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции пшеницы на устойчивость к болезням ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко»

**Брагина Олеся Анатольевна,**  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории защиты риса ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса»

Ведущая организация: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур имени И.Г. Калининко»

Защита состоится 18 апреля 2017 г. в 12 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 006.026.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса» по адресу: 350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3, тел.: (861)229-41-49.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса» и на сайте - <http://www.vniirice.ru>

Объявление о защите и автореферат размещены на официальном сайте ВАК РФ - <http://www.vak.ed.gov.ru> и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса» - <http://www.vniirice.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



С.С. Чижикова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) – ведущая масличная культура в Российской Федерации и многих других странах мира. В настоящее время наблюдается устойчивое увеличение объёмов производства семян подсолнечника, огромную роль в котором играет создание и внедрение в производство высокопродуктивных, устойчивых к вредителям и болезням сортов и гибридов.

Одним из факторов, ограничивающих производство семян подсолнечника в России и других странах, возделывающих эту культуру, является растение-паразит зарази́ха.

Зарази́ха (*Orobanche cumanica* Wallr.) – облигатный паразит, относится к высшим, цветковым, растениям (Новопокровский, Цвелёв, 1958; Musselman, 1980) и имеет более чем столетнюю историю паразитирования на подсолнечнике в России. За этот период трижды появлялась угроза исчезновения подсолнечника, как культуры, из-за возникновения и широкого распространения новых рас зарази́хи, что приводило к резкому снижению урожайности и сокращению посевных площадей, занимаемых подсолнечником.

На подсолнечнике известно 8 рас *O. cumanica* Wallr., они имеют буквенные обозначения латинского алфавита: А, В, С, D, Е, F, G и H. Расы *O. cumanica* Wallr. (F, G и H) высоковирулентные. Расы F и G были обнаружены сначала в Румынии, затем в Испании и Турции (Kaşa *et al.*, 2004; Molinero-Ruiz *et al.*, 2005; Păcureanu-Joita *et al.*, 2008). Интенсивное возделывание подсолнечника в течение последних 20 лет привело к появлению и быстрому распространению в южных регионах РФ высоковирулентных биотипов зарази́хи. В настоящее время в Ростовской и Волгоградской областях, Ставропольском и Краснодарском краях зарази́ха поражает не только весь отечественный сортимент подсолнечника, но и лучшие зарубежные гибриды (Антонова и др., 2015).

Одним из наиболее эффективных и экологически безопасных способов борьбы с этим растением-паразитом является создание сортов и гибридов подсолнечника, устойчивых к новым высоковирулентным биотипам зарази́хи. Для этого необходимо знать расовую структуру популяций паразита, характеристику новых вирулентных биотипов и их взаимоотношений с подсолнечником. Актуальным становится поиск и создание источников устойчивости к новым наиболее вирулентным расам зарази́хи.

**Цель и задачи исследований.** Целью настоящей работы является определение расовой структуры популяций зарази́хи (*Orobanche cumanica* Wallr.) в регионах возделывания подсолнечника в РФ, анализ устойчивости генотипов этой культуры разного происхождения и селекция новых источников резистентности для создания гибридов и сортов, устойчивых к паразиту.

В соответствии с целью исследований предусматривалось решить следующие задачи:

1. Идентифицировать расовую структуру популяций *O. cumana* Wallr., паразитирующей на подсолнечнике, в регионах РФ;
2. Изучить адаптивные особенности в онтогенезе высоковирулентной *O. cumana* Wallr. и некоторые физиологические свойства её семян;
3. Оценить устойчивость генотипов подсолнечника разного происхождения к высоковирулентным расам *O. cumana* Wallr.;
4. Создать генотипы подсолнечника, устойчивые к высоковирулентным расам *O. cumana* Wallr. и изучить наследование признака резистентности.

**Идея работы.** Определить расовую структуру популяций заразики (*Orobanche cumana* Wallr.) в регионах юга РФ, выделить потенциальные доноры устойчивости к наиболее распространённым высоковирулентным биотипам паразита, создать резистентный к ним исходный материал подсолнечника для использования в селекции.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Расовая структура популяций *O. cumana* Wallr., поражающей подсолнечник, в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской и Волгоградской областях;
2. Адаптивные особенности современных биотипов *O. cumana* Wallr., как тенденция к увеличению семенной продуктивности паразита;
3. Результаты выделения потенциальных доноров устойчивости к расе G заразики, создание резистентной константной линии подсолнечника RG и наследование признака её устойчивости.

**Научная новизна исследований.** Впервые в Российской Федерации охарактеризована расовая структура популяций *O. cumana* Wallr. из южных регионов: Краснодарского и Ставропольского краёв, Ростовской и Волгоградской областей. Выявлены популяции заразики, в которых доминирует высоковирулентная раса G. Впервые обнаружены новые морфотипы растений *O. cumana* Wallr., адаптивные особенности которых, способствуют увеличению семенной продуктивности паразита.

**Практическая ценность работы и реализация результатов исследований.** Установлено доминирование расы G заразики во многих агроценозах юга РФ. Выделены генотипы подсолнечника – потенциальные доноры устойчивости к наиболее распространённой в настоящее время высоковирулентной расе G заразики. Создана константная линия подсолнечника RG, обладающая резистентностью к этой расе G и определён тип наследования её устойчивости. Установлён температурный оптимум прорастания семян *O. cumana* Wallr., который необходимо учитывать при искусственном заражении селекционного материала подсолнечника в ходе тестирования устойчивости к паразиту.

**Личный вклад автора.** Заключается в выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе; анализе и оформлении результатов исследований в

виде публикаций и научных докладов; создании линии подсолнечника, устойчивой к расе G заразики, апробации экспериментальных данных, статистической обработке результатов исследований.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций.** Подтверждается достаточным объемом и результатами проведенных исследований, внедрением, в селекционный процесс созданной линии подсолнечника, устойчивой к высоковирулентной расе G заразики. Результаты лабораторных, полевых и тепличных опытов, используются в селекционной программе создания генотипов подсолнечника, устойчивых к поражению заразихой.

**Апробация результатов исследований.** Основные результаты и выводы диссертационной работы докладывались на ежегодных заседаниях методической комиссии ученого совета ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» (2012-2016 гг.). Отдельные результаты исследований были доложены на VI и VIII всероссийских научно-практических конференциях молодых учёных «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2012, 2014 гг.), VII международной конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных культур» (Краснодар, 2013 г.), II международной научно-практической конференции молодых учёных, преподавателей, аспирантов, студентов «Инновационные разработки молодых учёных для развития агропромышленного комплекса России и стран СНГ» (Краснодар, 2014 г.), VIII международной конференции молодых ученых и специалистов «Конкурентная способность отечественных гибридов, сортов и технологии возделывания масличных культур» (Краснодар, 2015 г.).

**Публикация результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 23 печатные работы, в которых отражено основное содержание диссертации. Десять работ опубликовано в реферируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, пять работ опубликовано на иностранном языке, из которых две - в журнале, входящем в международную базу цитирования Scopus.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация изложена на 152 страницах машинописного текста и состоит из введения, 6 глав, выводов, предложений селекционной практике и производству. Работа иллюстрирована 23 рисунками, 32 таблицами в тексте, 2 рисунками и 2 таблицами в приложении. Список литературы включает 250 источников, в том числе, 124 иностранных авторов.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Создание исходного материала подсолнечника устойчивого к заразихе (обзор литературы)

Отражено состояние изученности вопроса. Рассмотрена структура популяций заразихи различного географического происхождения, биологические и физиологические её особенности. Приведены литературные данные отечественных и зарубежных авторов по рассматриваемым проблемам селекции подсолнечника, направленной на создание сортов и гибридов, устойчивых к высоковирулентным биотипам заразихи.

### Глава 2. Условия, материал и методы исследований

Исследования проводились на центральной экспериментальной базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» на искусственно инфицированном заразихой участке, в теплицах и камерах искусственного климата фитотронно-тепличного комплекса, а также – в лаборатории иммунитета и молекулярного маркирования отдела подсолнечника в 2012-2016 гг.

Почва опытных участков представлена западно-предкавказским выщелоченным чернозёмом, легкоглинистого механического состава с мощным гумусовым горизонтом 150-180 см. Содержание гумуса в верхнем пахотном слое варьирует от 4,0 до 4,7 % (Блажний, 1958; Симакин, 1969).

Метеорологические условия в годы проведения исследований в целом можно охарактеризовать, как благоприятные для роста и развития растений подсолнечника.

Объектом исследований для идентификации расовой структуры популяций заразихи, изучения адаптивных особенностей в онтогенезе высоковирулентной *O. cumana* Wallr. и физиологических свойств её семян послужили собранные в период с 2012 по 2015 гг. образцы семян заразихи из 64 популяций разных регионов Российской Федерации. Для идентификации расовой структуры популяций заразихи использовали следующие линии дифференциаторы подсолнечника: LC1002, LC1003 и LC1093 – устойчивые в Румынии к расам D, E и F, соответственно. Указанные линии содержат доминантные гены устойчивости:  $Or_4$ ,  $Or_5$  и  $Or_6$ , соответственно. Использовали испанскую линию P96, устойчивую в Испании к расе F и всем предыдущим по алфавиту, благодаря наличию в ней двух рецессивных генов резистентности  $or_6or_7$ . Также использовали устойчивый к расе G и всем предыдущим гибрид подсолнечника Тунка, имеющий доминантный ген устойчивости  $Or_7$ . Контрольным вариантом служил поражаемый большинством рас заразихи сорт подсолнечника ВНИИМК 8883.

Испытание гибридов подсолнечника отечественного и зарубежного происхождения на устойчивость к заразихе проводили на искусственном инфекционном фоне, созданном на центральной экспериментальной базе ВНИИМК. Посев семян подсолнечника проводился ручными сеялками. Посев гнездовой, четырёхрядными делянками в трёхкратной повторности рендомизированными блоками. В одно гнездо помещали по 2 семянки. Расстояние между рядами 70 см, между гнёздами 35 см.

Для определения способности корневых экссудатов различных сельскохозяйственных культур вызывать прорастание семян заразихи, использовали: 22 гибрида кукурузы, 5 сортов сои, 2 сорта масличного льна, клещевину, горчицу сарептскую и белую, озимый и яровой рапс, сурепицу, яровую вику, донник желтый. Использовали: 7 сортов и 1 гибрид сорго зернового, 3 сорта сорго сахарного, 2 суданской травы и 5 просо посевного, применяя разработанный нами рулонный метод проращивания семян *O. cumana* Wallr..

При выполнении скрининга устойчивых к расе G генотипов подсолнечника материалом для исследования послужили культурные образцы и дикорастущие виды *Helianthus* мировой коллекции ВИР, а также современные селекционные линий, гибриды и сорта отечественной и зарубежной селекции.

При изучении признака устойчивости культурного подсолнечника к расе G заразихи материалом исследования служили линии селекции ВНИИМК: ВК301, ВК551, ВК1-imiБ и ВК678Б – восприимчивые к заразихе и RG – устойчивая к расам от А до G. Степень доминирования признака устойчивости к заразихе в гибридных комбинациях F<sub>1</sub> рассчитывали по формуле G.M. Veil и R.E. Atkins (1965). В поколениях F<sub>2</sub> и BC<sub>1</sub> проводили биометрическую обработку результатов с использованием  $\chi^2$ -критерия соответствия фактических расщеплений теоретически ожидаемым (Серебровский, 1970; Гершензон, 1979). Выборка для родительских форм составляла 20 шт., гибридов первого поколения 30-60 шт., F<sub>2</sub> более 250 растений, для BC<sub>1</sub> в различных комбинациях использовали все растения.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом одно - и двухфакторного дисперсионного анализа с использованием статистического пакета «СТАТПАК».

### **Глава 3. Идентификация расовой принадлежности семян заразихи из популяций разных регионов РФ**

На некоторых обследованных полях Краснодарского края в популяциях заразихи преобладает раса E. Большинство отечественного и зарубежного сортимента подсолнечника, содержащего доминантный ген резистентности *Or<sub>5</sub>*, имеет устойчивость к данной расе этого растения-паразита. Однако во всех изученных популяциях заразихи присутствуют высоковирулентные биотипы (F и G), которые более вирулентны, чем раса E. Это свидетельствует

о том, что при дальнейшем возделывании культуры на изученных полях произойдет быстрое размножение указанных биотипов, так как большинство возделываемого сортимента подсолнечника поражается этими расами заразики. Так, на двух полях Крыловского района уже преобладает раса G, а на одном пока ещё раса E. Раса G заразики преобладает на некоторых полях Гулькевичского, Новопокровского, Павловского и Тихорецкого районов (таблица 1).

Представленные данные свидетельствуют о начавшемся распространении в Краснодарском крае высоковирулентной расы G заразики, устойчивость к которой у отечественного сортимента подсолнечника отсутствует (таблица 1).

Таблица 1 – Поражение дифференциаторов устойчивости подсолнечника заразой из некоторых районов Краснодарского края (ВНИИМК, 2015 г.)

Район	№ поля	ВНИИМК 8883 (восприимчивый контроль)	Степень поражения* дифференциатора устойчивого к расе:					Преобладающая раса в популяции
			D LC1002 (Or <sub>4</sub> )**	E LC1003 (Or <sub>5</sub> )**	F LC1093 (Or <sub>6</sub> )**	F P96 (or <sub>6</sub> or <sub>7</sub> )**	G Тунка (Or <sub>7</sub> )**	
Белоглинский	-	83	-	24	8	2	0	E
Брюховецкий	-	41	-	26	6	3	4	F
Гулькевичский	1	53	-	35	19	1	2	E
	2	18	-	38	24	2	3	G
	3	48	-	-	41	9	7	G
Ейский	1	38	9	5	16	4	2	E
	2	94	-	33	5	0	0	E
Крыловский	1	68	-	21	31	14	0	E
	2	55	36	37	40	13	3	G
	3	59	42	40	41	20	8	G
Куцёвский	-	58	29	23	14	7	3	E
Новопокровский	1	25	-	14	21	3	2	G
	2	24	-	11	5	2	3	E
Павловский	1	63	52	39	32	17	5	G
	2	38	41	35	29	7	4	G
	3	51	-	44	32	8	2	F
Тихорецкий	-	29	-	-	41	14	4	G

\* - среднее количество особей заразики (штук) на одно поражённое растение  
 \*\* - ген устойчивости, который имеет дифференциатор к указанной расе заразики

Таким же образом развивается ситуация и в Ставропольском крае. Идентификация расовой структуры популяций заразики Ставропольского края показала, что в Грачевском, Ипатовском и Петровском районах пока преобладает раса E. Однако в популяции заразики из Петровского района уже присутствует раса G. Раса F преобладает в Новоалександровском районе. Также раса F преобладает на одном из изученных полей Труновского районов, а на втором поле G.



В Ростовской области на обследованных полях Азовского, Белокалитвинского, Боковского, Кашарского, Матвеево-Курганского и Милютинского районов в популяциях заразики уже преобладает раса G. Раса F преобладает на некоторых полях Белокалитвинского, Боковского, зерноградского, Кашарского и Цимлянского районов. Лишь в Цимлянском районе на двух обследованных полях пока преобладает раса E (таблица 2).

Следует отметить, что на двух полях № 1 и 4 из Белокалитвинского и № 2 и 3 Матвеево-Курганского районов Ростовской области обнаружен высоковирулентный биотип заразики H. Об этом свидетельствует высокая степень поражения, дифференциатора, содержащего доминантный ген устойчивости  $Or_7$  (таблица 2).

Таблица 2 – Поражение дифференциаторов устойчивости подсолнечника заразой из некоторых районов Ростовской области (ВНИИМК, 2015 г.)

Район	№ поля	ВНИИМК 8883 (восприимчивый контроль)	Степень поражения* дифференциатора устойчивого к расе:					Преобладающая раса в популяции
			D LC1002 ( $Or_4$ )**	E LC1003 ( $Or_5$ )**	F LC1093 ( $Or_6$ )**	F P96 ( $or_6or_7$ )**	G Тунка ( $Or_7$ )**	
Азовский	1	144	132	104	92	20	2	G
	2	56	50	48	58	13	7	G
Белокалитвинский	1	84	-	81	47	12	12	F
	2	56	-	54	67	26	3	G
	3	39	-	42	29	10	4	G
	4	56	-	79	61	44	13	G
Боковский	1	33	-	25	31	5	0	G
	2	30	-	11	9	2	1	F
	3	35	-	22	26	6	0	G
	4	81	-	-	36	23	3	G
Зерноградский	1	41	-	21	12	16	5	F
	2	58	-	42	10	11	4	F
	3	52	-	30	6	4	6	F
	4	80	65	39	44	50	5	G
Кашарский	1	83	-	70	20	13	3	F
	2	61	-	51	33	44	8	G
Матвеево-Курганский	1	68	56	47	63	14	4	G
	2	63	34	57	46	4	13	G
	3	65	-	-	69	29	15	G
Милютинский	-	68	50	41	43	14	3	G
Цимлянский	1	66	-	86	15	28	2	F
	2	113	-	60	19	12	4	F
	3	99	-	58	15	6	2	E
	4	88	-	32	13	20	6	E

\* - среднее количество особей заразики (штук) на одно поражённое растение

\*\* - ген устойчивости, который имеет дифференциатор к указанной расе заразики

В Волгоградской области на одном из изученных полей Алексеевского, Новоаннинского, Новониколаевского и Киквидзенского районов преобладает раса G. Раса D заразики выявлена в Михайловском районе Волгоградской области

В целом, выявлена пестрота по вирулентности заразики не только из разных районов, но и на разных полях одного и того же района (таблица 2). Это наблюдается как в Ростовской и Волгоградской областях, так и в Краснодарском и Ставропольском краях. Во всех изученных регионах распространены высоковирулентные расы заразики F и G, а на многих полях уже преобладает G.

#### **Глава 4. Вредоносность заразики для подсолнечника**

**Продуктивность подсолнечника под влиянием поражения заразихой.** Испытание некоторых, допущенных к производству в нашей стране, гибридов подсолнечника в условиях жёсткого инфекционного фона показало, что большинство из них в сильной степени поражается высоковирулентной заразихой из Тацинского района Ростовской области. При этом у пораженных заразихой растений подсолнечника наблюдали характерную потерю листьями тургора, увядание в результате дефицита воды, пожелтение и их частичное засыхание. В результате этого, замедляется рост и развитие растений подсолнечника, что приводит к снижению их продуктивности и, как следствие уменьшению сбора масла с гектара.

На инфекционном фоне при незначительной степени поражения самой высокой массой семян с одной корзинки обладали гибриды подсолнечника Трансол, Босфора и Легион. Гибрид Легион по количеству особей заразики на одно растение был поражен в 17 раз слабее гибрида Факел (стандарт) и превысил его по массе семян с одной корзинки в 2 раза.

**Влияние степени поражения на урожайность подсолнечника.** В рамках изучения вредоносности *O. cumana* Wallr. для подсолнечника было проведено исследование влияния степени поражения заразихой на его продуктивность. На инфицированном семенами заразики фоне урожайность гибридов варьировала от 0,66 т/га (НК Брио) до 1,55 т/га (Партнёр).

При двухфакторном дисперсионном анализе урожайности гибридов подсолнечника по значениям типов дисперсии были определены их доли вкладов (влияния) при формировании величины признака. Доля вклада вариантов опыта в урожайность составляет 32,4 %. Это усредненное значение реакции гибридов на их поражение заразихой (таблица 3).

Доля вклада фактора А (инфекционный фон) в урожайность гибридов составляет 5,9 %. Доля вклада фактора В (генотип) в урожайность составляет 21,2 %. Эти гибриды подсолнечника обладают средней реакцией на поражение их заразихой. Однако ситуация может измениться если увеличится степень поражения (таблица 3).

Таблица 3 – Изменчивость урожайности гибридов подсолнечника под влиянием поражения заразой (ВНИИМК, 2012 г.)

Инфекционный фон (фактор А)	Гибрид (фактор В)	Средняя урожайность (т/га) по:			Эффект взаимодействия АВ
		вариантам	фактору А	фактору В	
Без заразики	Гарант (st)	0,76	1,48	0,73	-0,17
	Партнёр	1,81		1,68	-0,07
	НК Брио	1,61		1,13	0,27
	НК Делфи	1,73		1,55	-0,03
С заразой	Гарант (st)	0,69	1,07	-	0,17
	Партнёр	1,55		-	0,07
	НК Брио	0,66		-	-0,27
	НК Делфи	1,38		-	0,03
НСР <sub>05</sub>		0,88	0,07	0,02	0,04

Таким образом, представленное в таблице 3 снижение продуктивности подсолнечника при поражении заразой в большей степени зависит от генотипа и его устойчивости к *O. citana* Wallr.. Приведённые данные свидетельствуют о преимуществе устойчивых к заразе гибридов подсолнечника, используемых в производстве.

## Глава 5. Адаптивные особенности высоковирулентной заразики в онтогенезе и физиологические свойства её семян

**Морфологические отклонения от нормального развития *O. citana* Wallr.** Обнаружено, что заразка (*O. citana* Wallr.), паразитирующая на подсолнечнике в настоящее время отличается разнообразием морфологических признаков, которые ранее не были описаны у этого вида. Часто встречались соцветия с плотным расположением многочисленных цветков. Обнаружены побеги *O. citana* Wallr. с расположением цветков на всём стебле и даже ниже уровня почвы, хотя в норме у этого вида заразики нижняя треть стебля лишена цветков.

Выявлена способность к формированию множественных адвентивных побегов из клубенька, апексы которых закладываются как в апикальной, так и базальной его зонах. Обнаружено, что минуя первоначальную стадию проникновения в корень подсолнечника, апексы зачатков рудиментарных корней заразики приобрели, способность трансформироваться непосредственно в адвентивные побеги. Так, исключается время проникновения рудиментарного корня в корень растения-хозяина и образования нового клубенька. В итоге, это значительно ускоряет формирование новых стеблей паразита и образование дополнительного количества семян.

**Температурный оптимум прорастания семян заразики из высоковирулентных популяций.** Оптимальный температурный режим для прорастания семян заразики имеет немаловажное значение при испытании устойчивости к ней селекционного материала подсолнечника. Он напрямую

связан с периодом выращивания растений подсолнечника в тепличных условиях в почвенно-песчаной смеси, содержащей семена заразики.

При определении температурного оптимума прорастания семян заразики существенно более высокое количество проросших семян было отмечено в популяции заразики из Каневского района Краснодарского края, Азовского района Ростовской области и Киквидзенского района Волгоградской области, при температуре проращивания 30 °С в сравнении с режимом 25 °С. Прорастания семян исследуемых популяций *O. cumanica* Wallr. в рулонах фильтровальной бумаги при температуре 35 °С не обнаружено. Таким образом, для прорастания семян *O. cumanica* Wallr. из высоковирулентных популяций, оптимальной, является температура в пределах 25-30 °С.

**Результаты проращивания семян *O. cumanica* Wallr. в присутствии корневых экссудатов сельскохозяйственных культур, не являющихся её хозяевами.** Ещё в середине прошлого века было отмечено, что в присутствии корней растений кукурузы семена *O. cumanica* Wallr. могли прорасти, но проростки были не способны проникать в корни, и погибали (Бейлин, 1947). Впоследствии уже многими авторами было показано, что экссудаты корней кукурузы могут содержать стимуляторы прорастания семян заразики (Ma *et al.*, 2013).

Имеются сообщения о наличии стимуляторов прорастания семян заразики в корневых экссудатах растений проса, сорго и суданской травы (Awad *et al.*, 2006; Yoneyama *et al.*, 2010; Goldwasser *et al.*, 2013). В связи с этим нами были выполнены эксперименты по сравнению в лабораторных условиях способности корневых экссудатов растений разных сельскохозяйственных культур, стимулировать прорастание семян *O. cumanica* Wallr. из популяций РФ.

Корневые выделения 22 гибридов кукурузы по-разному стимулировали прорастание семян *O. cumanica* Wallr.. Наибольшее количество проросших семян заразики отмечено под воздействием корневых экссудатов гибридов кукурузы: Аробаз, ЗПСК 341 и ПР39Р86. Всхожесть семян *O. cumanica* Wallr. в присутствии их корневых экссудатов достигала 80,0 %. Таким образом, гибриды кукурузы можно использовать в качестве провокационных посевов для уменьшения концентрации семян заразики в почве.

Были испытаны другие культуры: соя, масличный лён, горчица сарептская и белая, озимый и яровой рапс, озимая и яровая сурепица, сафлор, горох, нут и люцерна. Корневые выделения этих культур не вызывали прорастания семян этого вида заразики.

Хорошо стимулировали прорастание семян *O. cumanica* Wallr. корневые выделения сорго, суданской травы и проса (таблица 4). Сорт зернового сорго Хазине 28 существенно отличался от других по стимулированию прорастания семян двух популяций заразики из Константиновского и Тацинского района Ростовской области. Среди сортов сорго сахарного наибольшее количество проросших семян заразики из всех трёх популяций

показывал сорт Лиственит. Корневые выделения обоих сортов суданской травы Анастасия и Александрина одинаково хорошо стимулировали прорастание семян трёх представленных популяций *O. cuman* Wallr.. Из всех генотипов проса посевного сорт Гуреевой существенно обладал более высоким количеством проросших семян изученных популяций заразики (таблица 4).

Таблица 4 – Прорастание семян *O. cuman* Wallr. из разных популяций под влиянием корневых экссудатов сорго, суданской травы и проса (ВНИИМК, 2014 г.)

Сорт	Проросло семян заразики, % из популяции:		
	Ростовской области		Краснодарского края, Каневского района
	Константиновского района	Тащинского района	
Зерновое сорго			
Бригга	5,7	14,8	18,6
Куэйрас (гибрид)	8,1	9,1	11,0
Великан	11,1	12,7	1,9
Зерноградское 53	6,7	16,1	7,7
Зерноградское 88	12,9	18,5	15,0
Лучистое	3,7	12,1	9,4
Орловское	13,9	14,3	14,4
Хазине 28	23,2	22,1	2,0
НСР <sub>05</sub>	1,7	1,6	2,1
Сорго сахарное			
Дебют	7,7	6,5	2,8
Зерноградский янтарь	6,4	5,1	11,6
Лиственит	18,4	16,1	29,6
НСР <sub>05</sub>	1,0	0,9	1,8
Суданская трава			
Анастасия	34,7	34,4	24,6
Александрина	16,4	31,9	21,0
НСР <sub>05</sub>	3,5	7,7	3,2
Просо посевное			
Саратовское 10	14,3	14,7	19,6
Саратовское 12	1,8	11,1	11,2
Саратовское желтое	4,0	1,9	11,6
Золотистое	15,4	44,7	2,5
Гуреевой	68,8	26,1	32,9
НСР <sub>05</sub>	3,8	6,2	3,7
Подсолнечник			
ВНИИМК 8883 (контроль)	71,1	80,5	66,9

Таким образом, хотя корневые экссудаты растений изученных генотипов представленных в таблице 4 по-разному стимулировали прорастание семян *O. cuman* Wallr., эти культуры пригодны для уменьшения концентрации семян паразита почве.

## Глава 6. Устойчивость генотипов подсолнечника различного происхождения к высоковирулентным биотипам заразики

**Устойчивость культурных и дикорастущих образцов подсолнечника коллекции ВИР, а также гибридов иностранного происхождения к поражению расой G заразики.** Выявление генотипов подсолнечника, обладающих устойчивостью к современным расам заразики – необходимое условие для создания исходного материала при селекции гибридов, не поражающихся этим паразитом. Из представленных в таблице 5 данных видно, что некоторые образцы культурного подсолнечника из коллекции ВИР: Франции, Испании, Мексики и Венгрии поразились заразой на 100 %.

Таблица 5 – Поражение некоторых образцов культурного подсолнечника коллекции ВИР высоковирулентной расой G заразики (*O. citana* Wallr.) из Тацинского района Ростовской области (ВНИИМК, 2012 г.)

Номер по каталогу	Происхождение	Количество учётных растений, шт.	Количество восприимчивых растений, шт.	Поражено растений, %	*Степень поражения, шт.
667	Кабардино-Балкария, РФ	30	8	26,6	2
769	Армения	30	8	26,6	1
1010	Великобритания	30	24	80,0	5
3300	Краснодарский край, РФ, (линия ВИР-221)	30	10	33,3	4
3475	Краснодарский край, РФ, (ВИР-665)	30	3	10,0	2
2005	Приморский край, РФ	26	7	26,9	2
3109	Болгария	23	4	17,3	2
3301	Краснодарский край, РФ, (линия ВИР-222)	30	15	50,0	3
1434	Болгария	28	17	60,7	6
3046	Аргентина	22	2	9,1	2
2954	Аргентина	30	25	83,3	12
2925	Франция	30	30	100,0	110
2982	Испания	30	30	100,0	121
3080	Мексика	30	30	100,0	115
2978	Испания	30	30	100,0	62
3015	Венгрия	29	29	100,0	65
Р96 (линия, контроль)	Испания	30	24	80,0	12
ВНИИМК 8883 (сорт, контроль)	Краснодарский край, РФ	30	30	100,0	115

\* - среднее количество особей заразики (штук) на одно поражённое растение

Среди приведенного в таблице 5 материала можно отметить образцы местной селекции из Краснодарского края: линии ВИР-665, ВИР-221, ВИР-222, Кабардино-Балкарии (№ 667 по каталогу), Армении (№ 769 по каталогу)

и Аргентины (№ 3046 по каталогу) из которых можно выделить материал устойчивый к расе G заразики.

Среди дикорастущих однолетних видов рода *Helianthus* из коллекции ВИР лишь *H. petiolaris* Nutt. имел незначительную степень поражения – 1-3 при заражении заразики из Тацинского района Ростовской области. Остальные поражались ею с высокой степенью.

Большинство дикорастущих многолетних диплоидных видов рода *Helianthus* из коллекции ВИР проявили полную устойчивость к заразики из обеих популяций (таблица 6).

Таблица 6 – Устойчивость дикорастущих многолетних диплоидных видов рода *Helianthus* из коллекции ВИР к поражению заразики из двух популяций: Краснодарского края и Ростовской области (ВНИИМК, 2012 г.)

Вид	Номер интродукции	Количество учётных растений, шт.	Происхождение популяций <i>O. citana</i> Wallr.:			
			Краснодарский край, Ейский район		Ростовская область, Тацинский район	
			поражено растений, шт.	* степень поражения, шт.	поражено растений, шт.	* степень поражения, шт.
<i>H. floridanus</i> A. Gray	-	30	0	0	0	0
<i>H. decapetalus</i> L.	440439	30	0	0	0	0
<i>H. decapetalus</i> L.	-	30	0	0	0	0
<i>H. divaricatus</i> (ВИР)	545674	30	0	0	0	0
<i>H. hirsutus</i> Raf.	560389	30	0	0	0	0
<i>H. mollis</i> Lam.	530453	30	0	0	30	1
<i>H. laetiflorus</i> Pers.	1886	30	0	0	0	0
<i>H. tuberosus</i> L.	441026	30	0	0	0	0
<i>H. californicus</i> D. C.	530447	30	0	0	0	0
<i>H. giganteus</i> L.	489253	30	0	0	0	0
<i>H. giganteus</i> L.	-	29	0	0	0	0
<i>H. giganteus</i> L.	-	30	0	0	30	1
<i>H. giganteus</i> L.	441029	30	0	0	0	0
<i>H. grosseserratus</i> M.	545698	28	0	0	28	2
<i>H. grosseserratus</i> M.	545711	30	0	0	0	0
<i>H. grosseserratus</i> M.	-	30	0	0	0	0
<i>H. maximiliani</i> Schrad.	440553	30	0	0	0	0
<i>H. maximiliani</i> Schrad.	2099	30	0	0	19	2
<i>H. maximiliani</i> Schrad.	-	30	0	0	0	0
<i>H. nuttallii</i> T. et G.	-	30	0	0	0	0
<i>H. nuttallii</i> T. et G.	-	30	0	0	0	0
<i>H. salicifolius</i> A. Dietr.	440074	30	0	0	0	0
<i>H. salicifolius</i> A. Dietr.	-	29	0	0	0	0
<i>H. salicifolius</i> A. Dietr.	-	30	0	0	30	1
<i>H. glaucophyllus</i> D.M.Sm	-	30	0	0	0	0
<i>H. multiflorus</i> Hook.	-	30	0	0	30	2
<i>H. occidentalis</i> Riddell.	611801	30	0	0	0	0
ВНИИМК 8883 (контроль)	-	30	30	36	30	115

\* - среднее количество особей заразики на одно поражённое растение

Незначительное поражение некоторых многолетних интродуцентов можно рассматривать, как следствие гетерогенности дикорастущих видов и возможности проявления изменчивости их признаков, в частности, устойчивости или восприимчивости. Данные интродуценты не следует использовать для создания исходного материала устойчивого к заразихе (таблица 6).

Поскольку большинство представленных в таблице 6 дикорастущих многолетних диплоидных видов рода *Helianthus* не поражалось заразихой, необходимо было проверить, стимулируют ли вообще их корневые экссудаты семена заразихи к прорастанию. В модельном эксперименте с применением, разработанной нами модификации рулонного метода проращивания, семена двух популяций заразихи активно прорастали под влиянием корневых экссудатов выбранных дикорастущих видов подсолнечника: *H. decapetalus* L., *H. laetiflorus* Pers., *H. californicus* D. C., *H. giganteus* L., *H. grosseserratus* Martens, *H. salicifolius* A. Dietr. И *H. occidentalis* Riddell. Проростки заразихи начинали проникать в корни подсолнечника, однако развитие клубенька не происходило. Проникшие в корень гаусториальные клетки паразита погибали в наружных слоях кортикальной паренхимы. Таким образом, указанные дикорастущие виды подсолнечника обладают активным иммунитетом к расе G заразихи.

**Создание резистентной константной инцухт-линии подсолнечника RG.** В результате проведенного скрининга были выделены некоторые растения из образцов культурного подсолнечника коллекции ВИР, обладающие устойчивостью к расе G заразихи. При оценке устойчивости к этой расе заразихи растения, проявившие себя, как устойчивые, были пересажены, самоопылены, доведены до получения потомства I<sub>1</sub> с оценкой на инфекционном фоне и получением поколения I<sub>2</sub>. Так, циклично довели до поколения I<sub>7</sub>. На основе выделенного устойчивого материала методом многократного инцухта с отбором резистентных форм, нами была создана линия подсолнечника RG, не поражающаяся расой G заразихи.

Таблица 7 – Поражение расой G заразихи (*O. cumanus* Wallr.) выделенного источника устойчивости подсолнечника при его инбридинге (ВНИИМК, 2012-2016 гг.)

Поколение	Количество растений в анализе, шт.	Устойчивых растений		Восприимчивых растений		* Степень поражения, шт.
		шт.	%	шт.	%	
I <sub>1</sub>	150	45	30,0	105	70,0	6
I <sub>2</sub>	148	81	54,7	67	45,3	3
I <sub>3</sub>	152	124	81,8	28	18,4	1
I <sub>4</sub>	154	140	90,9	14	9,1	1
I <sub>5</sub>	149	147	98,7	2	1,3	1
I <sub>6</sub>	151	151	100,0	0	0	0
I <sub>7</sub>	145	145	100,0	0	0	0

\* - среднее количество особей заразихи (штук) на одно поражённое растение



Следует подчеркнуть, что при создании гомозиготной линии подсолнечника мы отбирали на жёстком инфекционном фоне и самоопыляли лишь резистентные к расе G растения из каждого поколения. Установлено, что количество устойчивых растений при самоопылении от поколения к поколению увеличивается и к I<sub>6</sub> достигает 100 % (таблица 7).

Практическим результатом этой работы явилось создание константной линии подсолнечника RG, характерной особенностью которой, является её устойчивость к высоковирулентной расе G заразики и всем предыдущим.

Вегетационный период линии RG от всходов до цветения равен 60 и до физиологической спелости – 100 дней, высота растений 155 см, диаметр корзинки 17,8 см масличность семян составляет 46,6 %, лужистость – 27,7 %, масса семян с центральной корзинки – 52,8 г и масса 1000 – 40,1 г.

**Наследование признака устойчивости к расе G заразики у линии подсолнечника RG.** Важной задачей при создании исходного материала подсолнечника, устойчивого к высоковирулентным расам *O. citana* Wallr., является установление закономерности наследственной передачи данного признака. Все полученные гибриды первого поколения имели невысокую степень поражения заразой, независимо от генотипа восприимчивой родительской линии и особи, использованной в качестве материнской. В каждой семье наблюдалось расщепление на устойчивые и неполно устойчивые растения (таблица 8).

Таблица 8 – Наследование гибридами подсолнечника F<sub>1</sub> устойчивости к расе G заразики (*O. citana* Wallr.) (ВНИИМК, 2015 г.)

Комбинация	Количество растений, шт.			Поражено растений, %	*Степень поражения, шт.			hp	**Наследование
	всего	устойчивых	восприимчивых		♀	F <sub>1</sub>	♂		
RG x BK551	30	13	17	56,7	0	4,7	29,5	0,68	НД
BK551 x RG	60	2	58	96,7	29,5	11,5	0	0,22	ЧД
HCP <sub>05</sub>	-	-	-	11,9	-	7,5	-	-	-
RG x BK301	30	8	22	26,7	0	0,2	22,0	0,98	НД
BK301 x RG	30	10	20	67,0	22,0	3,2	0	0,71	НД
HCP <sub>05</sub>	-	-	-	16,0	-	3,3	-	-	-
RG x BK1-imiБ	30	14	16	53,3	0	1,4	20,1	0,86	НД
BK1-imiБ x RG	50	19	31	62,0	20,1	2,3	0	0,77	НД
HCP <sub>05</sub>	-	-	-	11,1	-	1,1	-	-	-
RG x BK678Б	30	3	27	90,0	0	2,8	24,2	0,77	НД
BK678Б x RG	60	7	53	88,4	24,2	3,3	0	0,73	НД
HCP <sub>05</sub>	-	-	-	3,7	-	0,9	-	-	-

\* - среднее количество особей заразики (штук) на одно поражённое растение;  
 \*\* ЧД и НД – частичное и неполное доминирование признака устойчивости к заразики;  
 hp – степень доминирования признака устойчивости к заразики

Из представленных в таблице 8 данных видно, что в наследовании гибридами F<sub>1</sub>, созданных с участием данных генотипов подсолнечника, в

большинстве случаев выявлено неполное доминирование признака. Лишь в гибридной комбинации ВК551 x RG проявилось частичное доминирование признака устойчивости к расе G заразики.

Для восприимчивых родительских линий подсолнечника ВК1-imiБ и ВК678Б различия по количеству поражённых растений и среднему количеству клубеньков заразики на одно растение были недостоверны на 5 % уровне значимости, что указывает на отсутствие рецiproкного эффекта и зависимости устойчивости от генетической плазмы восприимчивой родительской линии, участвовавшей в гибридизации.

Однако по признаку поражённых растений для линий ВК551 и ВК301 различия были достоверны на 5 % уровне значимости, что может свидетельствовать о наличии материнского эффекта у этих генотипов.

Для уточнения типа наследования и установления количества генов, ответственных за генетический контроль устойчивости у линии RG был осуществлён гибридологический анализ (таблица 9).

Таблица 9 – Изменчивость признака устойчивости к расе G заразики (*O. citana* Wallr.) у линии подсолнечника RG (ВНИИМК, 2015 г.)

Генотип	Поколение	Растения, шт.				Ожидаемое соотношение	$\chi^2$
		всего	устойчивые (0)*	промежуточные (1-5)*	восприимчивые (> 6)*		
ВК1-imiБ x RG	F <sub>2</sub>	306	66	136	104	1:2:1	0,96
RG x ВК1-imiБ	F <sub>2</sub>	288	50	162	76	1:2:1	4,57
RG x ВК678Б	F <sub>2</sub>	252	52	130	70	1:2:1	1,40
F <sub>1</sub> ВК1-imiБ x RG) x ВК1-imiБ	BC <sub>1</sub>	46	0	24	22	1:1	0,04
F <sub>1</sub> ВК678Б x RG) x ВК678Б	BC <sub>1</sub>	66	0	32	34	1:1	0,03
F <sub>1</sub> ВК680Б x RG) x RG	BC <sub>1</sub>	228	110	118	0	1:1	0,14
F <sub>1</sub> ВКIPO2 x RG) x RG	BC <sub>1</sub>	136	72	64	0	1:1	0,24

\* степень поражения - среднее количество особей заразики на одно поражённое растение, шт.

Во втором поколении в комбинациях скрещиваний наблюдали расщепление на 3, а в BC<sub>1</sub> на 2 фенотипических класса растений. Расщепления на фенотипические классы растений соответствовали моногенной схеме наследования признака устойчивости с неполным доминированием. Выявленные в F<sub>2</sub> и BC<sub>1</sub> фактические соотношения соответствовали теоретически ожидаемым 1:2:1 и 1:1 соответственно.

Таким образом, признак устойчивости к расе G заразики линии RG контролируется одним геном с неполным доминированием. Линию RG можно использовать в качестве донора резистентности к расе G заразики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Во всех изученных регионах юга РФ: Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской и Волгоградской областях, присутствуют высоковирулентные биотипы *O. citana* Wallr. F, G и H. На многих полях доминирует раса G. Она обнаружена также в Саратовской, Воронежской и Оренбургской областях.

2. Структура популяций *O. citana* Wallr. в настоящее время на разных полях даже одного района может включать расы от слабовирулентных до высоковирулентных. На полях Краснодарского края ещё встречаются менее вирулентные расы D и E в смеси с высоковирулентными F и G.

3. У высоковирулентных рас *O. citana* Wallr. в онтогенезе выявлены адаптивные отклонения от нормы, способствующие увеличению семенной продуктивности особи и ускорению её развития. Среди отклонений наибольшее значение имеют: формирование множественных стеблевых апексов в клубеньке, расширение функции рудиментарных корней, увеличение количества цветков в соцветии.

4. Разработан рулонный метод для определения всхожести семян заразики в присутствии корневых экссудатов подсолнечника. Массовое прорастание семян *O. citana* Wallr. отмечено при температурном режиме 30 °С.

5. Семена *O. citana* Wallr. могут прорасти под влиянием корневых экссудатов полевых культур: кукурузы, сорго, просо и суданской травы, не являющихся её хозяевами. Однако проростки погибают при попытке проникнуть в корень растения. Эти культуры можно использовать для безгербицидной очистки полей от семян заразики.

6. Гибриды кукурузы – Аробаз, ЗПСК 341, ПР39Р86, сорта зернового сорго – Хазине 28, сахарного – Лиственит, суданской травы – Анастасия и Александрина, просо посевного – Гуреевой и Золотистое наиболее пригодны для очистки полей от семян *O. citana* Wallr., но необходимо проводить предварительное тестирование прорастания семян заразики, собранных на каждом конкретном поле.

7. Среди образцов культурного подсолнечника коллекции ВИР имеются расщепляющиеся генотипы, которые можно использовать для создания исходного материала, устойчивого к высоковирулентной *O. citana* Wallr..

8. Большинство изученных однолетних дикорастущих видов подсолнечника коллекции ВИР поразило с высокой степенью высоковирулентной заразики. Лишь *H. petiolaris* Nutt. имел незначительную степень поражения и расщеплялся на восприимчивые и устойчивые.

9. Изученные многолетние диплоидные виды подсолнечника обладают иммунитетом к высоковирулентной *O. citana* Wallr., распространённой в настоящее время в регионах юга РФ. Семена заразики прорастают в присутствии их корневых экссудатов и погибают на ранних этапах проникновения в корень.

10. Выделены генотипы подсолнечника, устойчивые к высоковирулентной расе G заразики (и всем предыдущим) и создана константная по этому признаку линия RG.

11. Признак устойчивости к расе G заразики у линии RG контролируется одним геном с неполным доминированием. Линию RG можно использовать в качестве донора устойчивости к расе G заразики.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ**

1. Необходимо определять расовую структуру каждого конкретного образца семян заразики и использовать для создания инфекционных фонов только те из них, где высока концентрация высоковирулентных биотипов *O. cumana* Wallr..

2. Для создания инфекционных фонов при тестировании селекционного материала подсолнечника на устойчивость к заразики использовать семена паразита из популяций, где доминирует высоковирулентная и широко распространённая в настоящее время раса G.

3. При отборе устойчивых к заразики форм подсолнечника для создания жёсткого инфекционного фона её семян необходимо учитывать их всхожесть и в зависимости от этого корректировать дозу инфекционной нагрузки.

4. Для оптимизации доз инфекционной нагрузки применять предложенный лабораторный метод определения всхожести семян заразики, используемых в приготовлении инфекционных фонов при отборах устойчивого селекционного материала подсолнечника.

5. Использовать линию подсолнечника RG, резистентную к расе G заразики и ко всем предыдущим, для создания исходного материала, обладающего устойчивостью к паразиту.

6. Использовать безгербицидный способ уничтожения семян заразики в почве, применяя в севообороте с подсолнечником (там, где это возможно) посевы сортов и гибридов сорго, проса, суданской травы и кукурузы, стимулирующих семена паразита к прорастанию и последующей гибели проростков.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **I. Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Антонова, Т. С. Оценка устойчивости дикорастущих видов *HELIANTHUS* к высоковирулентной заразики (*Orobanche cumana* Wallr.), поражающей подсолнечник в Ростовской области РФ / Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, Е. А. Стрельников, Т. А. Челюстникова, С. А. Рамазанова, С. З. Гучетль // Масличные культуры: Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2011. – № 2 (148-149). – С. 137-141.

2. Антонова, Т. С. Адаптивные особенности в онтогенезе заразики *Orobanche cumana* Wallr., на подсолнечнике / Т. С. Антонова,

**Е. А. Стрельников**, Н. М. Арасланова, С. А. Рамазанова // Масличные культуры: Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2012. – № 1 (150). – С. 110-116.

3. Антонова, Т. С. Распространение высоковирулентных рас заразики *O. cumana* Wallr., поражающей подсолнечник на Юге Российской Федерации / Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, **Е. А. Стрельников** и др. // Доклады Российской Академии Сельскохозяйственных Наук. – 2012. – С. 40-44.

4. **Стрельников, Е. А.** Влияние температуры на прорастания семян заразики (*Orobancha cumana* Wallr.), паразитирующей на подсолнечнике / **Е. А. Стрельников**, Т. С. Антонова // Масличные культуры: Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2013. – № 2 (155-156). – С. 131-134.

5. Антонова, Т. С. Идентификация расовой принадлежности заразики *Orobancha cumana* Wallr. с полей подсолнечника в Краснодарском и Ставропольском краях, Оренбургской области и Казахстане / Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, **Е. А. Стрельников** // Масличные культуры: Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2014. – № 1 (157-158). – С. 114-119.

6. Антонова, Т. С. Расовое разнообразие заразики *Orobancha cumana* Wallr. на подсолнечнике в регионах Российской Федерации, Казахстана и Румынии / Т. С. Антонова, С. З. Гучетль, Т. А. Челюстникова, **Е. А. Стрельников** // Наука Кубани. – 2014. – № 3. – С. 16-22.

7. Антонова, Т. С. К вопросу о расовой структуре некоторых популяций заразики (*Orobancha cumana* Wallr.), паразитирующей на подсолнечнике в России и Румынии / Т. С. Антонова, **Е. А. Стрельников**, Н. М. Арасланова // Масличные культуры: Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2015. – № 3 (163). – С. 9-15.

8. Антонова, Т. С. Стимулирующий эффект корневых экссудатов растений сорго, просо и суданской травы на прорастание семян заразики (*Orobancha cumana* Wallr.), паразитирующей на подсолнечнике в России / Т. С. Антонова, Л. К. Алонсо, **Е. А. Стрельников**, Н. М. Арасланова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. – № 4. – С. 22-25.

9. Антонова, Т. С. Скрининг образцов культурного и дикорастущего подсолнечника на устойчивость к расе G заразики (*Orobancha cumana* Wallr.), распространяющейся на юге России / Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, **Е. А. Стрельников**, С. З. Гучетль, Т. А. Челюстникова // Наука Кубани. – 2016. – №. 3. – С. 4-12.

10. Гучетль, С. З. Изучение наследования устойчивости культурного подсолнечника к расе G заразики (*Orobancha cumana* Wallr.) / С. З. Гучетль, Т. С. Антонова, Т. А. Челюстникова, Н. М. Арасланова, **Е. А. Стрельников** // Масличные культуры: Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2016. – № 4 (168). – С. 9-15.

## **II. Статьи в журналах, входящих в международную базу цитирования Scopus:**

11. Antonova, T. S. Screening of wild *Helianthus* species for resistance to high virulent *Orobancha cumana* Wallr., affecting sunflower in the Rostov region of the Russian Federation / T. S. Antonova, N. M. Araslanova, **Е. А. Strelnikov**, S. A.

Ramazanova, T. A. Tchelustnikova, S. Z. Guchetl // *Helia*. – 2011. – Vol. 34, № 55. – P. 115-124.

12. Antonova, T. S. Some peculiarities of ontogenesis of *O. cumana* Wallr., parasitizing on sunflower in Rostov region of Russian Federation / T. S. Antonova, N. M. Araslanova, **E. A. Strelnikov**, S. A. Ramazanova, S. Z. Guchetl, T. A. Tchelustnikova // *Helia*. – 2012. – Vol. 35, № 56. – P. 99-110.

### **III. Статьи в аналитических сборниках и материалах конференций:**

13. Antonova, T. S. The spreading of high-virulent *O. cumana* races, affecting sunflower in the South of Russian Federation / T. S. Antonova, N. M. Araslanova, **E. A. Strelnikov**, S. A. Ramazanova, S. Z. Guchetl, T. A. Tchelustnikova // 18<sup>th</sup> International Sunflower Conference. MAR Del Plata & Balcarce – Argentina. February 27 – March 1. – 2012. – P. 1025-1030.

14. **Стрельников, Е. А.** Вирулентность и некоторые особенности онтогенеза заразики *Orobanche cumana* Wallr., поражающей подсолнечник в регионах юга РФ / **Е. А. Стрельников** // Материалы 7-й Международной конференции молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных культур», посвященной 100-летию со дня основания ВНИИМК. – Краснодар, 9-21 февраля 2013. – С. 214-218.

15. Antonova, T. S. Distribution of highly virulent races of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in the Southern regions of the Russian Federation / T. S. Antonova, N. M. Araslanova, **E. A. Strelnikov**, S. A. Ramazanova, S. Z. Guchetl, T. A. Chelyustnikova // *Russ. Agr. Sci.* – 2013. – Vol. 39. – P. 46-50.

16. **Стрельников, Е. А.** Идентификация расовой принадлежности заразики (*Orobanche cumana* Wallr.) с полей подсолнечника Краснодарского края / **Е. А. Стрельников** // Материалы 2-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, преподавателей, аспирантов, студентов «Инновационные разработки молодых учёных для АПК России и стран СНГ». – Краснодар, 6-8 августа 2014. – С. 120-121.

17. **Стрельников, Е. А.** Новые экотипы *Orobanche cumana* Wallr. как следствие интенсификации возделывания подсолнечника / **Е. А. Стрельников**, Т. С. Антонова // Материалы школы молодых ученых «Экологическая генетика культурных растений» посвященный памяти академика РАН А. А. Жученко. – Краснодар, 24-26 сентября 2014. – С. 122-133.

18. **Стрельников, Е. А.** Дикорастущие виды *HELIANTHUS* - источники устойчивости к высоковирулентной заразики (*Orobanche cumana* Wallr.), поражающей подсолнечник на юге РФ / **Е. А. Стрельников**, Т. С. Антонова // Сборник статей Региональной научно-практической конференции «АПК Юга России: состояние и перспективы». – Майкоп, 15-17 октября 2014. – С. 191-196.

19. Антонова, Т. С. Разнообразие форм заразики на подсолнечнике на юге России / Т. С. Антонова, С. З. Гучетль, **Е. А. Стрельников** // Защита и карантин. – 2014. – № 11. – С. 45-48.

20. **Стрельников, Е. А.** Влияние корневых выделений различных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на прорастание семян *Orobanche cumanica* Wallr. / **Е. А. Стрельников** // Материалы 8-й Международной конференции молодых учёных и специалистов «Конкурентная способность отечественных гибридов, сортов и технологии возделывания масличных культур». – Краснодар, 19-20 февраля 2015. – С. 160-165.

21. **Стрельников, Е. А.** Определение всхожести семян заразики (*Orobanche cumanica* Wallr.), паразитирующей на подсолнечнике, рулонным методом [Электронный ресурс] / **Е. А. Стрельников, Т. С. Антонова** // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции» (06-26 апреля 2015 г., г. Краснодар). – 2015. – С. 206-209. URL: [http://vniitti.ru/conf/conf2015/sbornik\\_conf2015.pdf](http://vniitti.ru/conf/conf2015/sbornik_conf2015.pdf)

22. Antonova, T. S. Stimulating effect of the root exudates of sorghum, millet, and sudan grass on the seed germination of broomrape (*Orobanche cumanica* Wallr.) infesting sunflowers in Russia / T. S. Antonova, L. C. Alonso, **E. A. Strelnikov**, N. M. Araslanova // Russ. Agr. Sci. – 2015. – Vol. 41. – P. 347-351.

23. Антонова, Т. С. Культуры-ловушки, как возможный экологически чистый способ борьбы с паразитом подсолнечника - заразихой (*Orobanche cumanica* Wallr.) на юге России [Электронный ресурс] / Т. С. Антонова, **Е. А. Стрельников** // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и аспирантов «Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции» (4 - 25 апреля 2016 г., г. Краснодар). – 2016. – С. 93-101. URL: [http://vniitti.ru/conf/conf2016/sbornik\\_conf\\_2016.pdf](http://vniitti.ru/conf/conf2016/sbornik_conf_2016.pdf)