

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>
УДК 633.854.78:581.2:582.281.144



Состояние популяции возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Российской Федерации

© 2022. М. В. Ивебор ✉, Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, С. Л. Саукова, Ю. В. Питинова, К. К. Елисеева

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Российская Федерация

*Ложная мучнистая роса – одна из наиболее распространенных и вредоносных болезней подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Цель исследования – определить расы возбудителя болезни оомицета *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni в нескольких регионах Российской Федерации (Республике Адыгея, Краснодарском и Ставропольском краях, Волгоградской, Липецкой, Саратовской и Ростовской областях) и чувствительность изолятов патогена к фунгициду мефеноксам. Определение рас проводили с использованием международного стандартного набора из девяти линий-дифференциаторов подсолнечника, содержащих различные гены устойчивости к возбудителю ложной мучнистой росы (обозначаются PI). В совокупности, в России за более чем 30 лет исследований было идентифицировано 11 рас *P. halstedii*; самые распространенные из них в последние годы – расы 330, 334, 710 и 730. На устойчивость к идентифицированным расам были также протестированы линии подсолнечника HA-337, Rha-340 и Rha-419. Ко всем обнаруженным в регионах расам *P. halstedii* устойчивость проявили линии подсолнечника 803-1 (PI₅₊), Rha-340 (PI₈) и Rha-419 (PI_{arg}). Чувствительность изолятов патогена к фунгициду мефеноксам определяли лабораторным методом с использованием семян подсолнечника универсально восприимчивого к ложной мучнистой росе сорта ВНИИМК 8883, обработанных препаратом Апрон XL, ВЭ (мефеноксам 350 г/л, Syngenta, Швейцария) в соответствии с рекомендованными в РФ нормами расхода (3 л/т семян). В Краснодарском крае найдены изоляты патогена, устойчивые к фунгициду. Для защиты посевов от ложной мучнистой росы необходимо создавать и возделывать генотипы подсолнечника с устойчивостью к комплексу рас *P. halstedii*.*

Ключевые слова: вирулентность, мефеноксам, расы, устойчивость к фунгициду, *Helianthus annuus*, *Plasmopara halstedii*

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» (темы № 122012100095-7).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ивебор М. В., Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Саукова С. Л., Питинова Ю. В., Елисеева К. К. Состояние популяции возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Российской Федерации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):90-97. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>

Поступила: 03.09.2021

Принята к публикации: 14.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2020

The situation in the population of the sunflower downy mildew pathogen in some regions of the Russian Federation

© 2022. Maria V. Iwebor ✉, Tatiana S. Antonova, Nina M. Araslanova, Svetlana S. Saukova, Yulia V. Pitinova, Ksenia K. Eliseeva

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

*Downy mildew is one of the most spread and harmful diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.). The aim of the study was to determine the races of the pathogen of the disease of the oomycete *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni in several regions of the Russian Federation (the Republic of Adygeya, Krasnodar Krai, Stavropol Territory, Volgograd, Lipetsk, Saratov and Rostov regions) and the sensitivity of its isolates to the fungicide mefenoxam. The races were determined using an international standard set of nine sunflower differential lines carrying different genes of resistance to *P. halstedii* (genes are named PI). In total, over all the years of research (more than 30 years), 11 *P. halstedii* races were identified in Russia; the most common of these in recent years have been races 330, 334, 710 and 730. Sunflower lines HA-337, Rha-340 and Rha-419 have also been tested for resistance to the identified races. Sunflower lines 803-1 (PI₅₊), Rha-340 (PI₈) and Rha-419 (PI_{arg}) were resistant to all *P. halstedii* races that have been found in the regions of the Russian Federation. The sensitivity of the pathogen isolates to the fungicide mefenoxam was determined by a laboratory method using sunflower seeds of the universally susceptible to downy mildew VNIIMK 8883 variety treated with the preparation Apron XL, FS (mefenoxam 350 g/l, Syngenta, Switzerland) in accordance with the recommended in the Russian Federation dose (3 l/t of seeds).*

Mefenoxam-resistant isolates of P. halstedii have been found in the Krasnodar Krai. To protect sunflower crops from downy mildew, it is necessary to select and cultivate genotypes with resistance to the complex of P. halstedii races.

Keywords: virulence, mefenoxam, races, resistance to fungicide, *Helianthus annuus*, *Plasmopara halstedii*

Acknowledgments: This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the of the Russian Federation within the state assignment of the V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (themes No. 122012100095-7).

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

Conflict of interests: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citations: Iwebor M. V., Antonova T. S., Araslanova N. M., Saukova S. S., Pitinova Yu. V., Eliseeva K. K. The situation in the population of the sunflower downy mildew pathogen in some regions of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):90-97. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>

Received: 03.09.2021

Accepted for publication: 14.01.2022

Published online: 25.02.2022

Во многих странах мира, в том числе и в Российской Федерации, подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является основной масличной культурой и занимает большие посевные площади. На протяжении десятилетий одной из наиболее вредоносных болезней подсолнечника является ложная мучнистая роса. Ее вызывает облигатный паразит оомицет *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni. Проникнув в растение-хозяина, фитопатоген колонизирует подземные ткани молодых растений и распространяется вверх, приводя к системному заболеванию. Системно пораженные растения обычно погибают, а выжившие образуют щуплые семена со сниженным содержанием масла. Ложная мучнистая роса может привести к полной потере урожая подсолнечника.

Основные защитные мероприятия от ложной мучнистой росы подсолнечника – это севооборот, предпосевное протравливание семян и возделывание устойчивых генотипов. Разрабатываются и биологические методы контроля болезни; они могут иметь хорошие перспективы, но пока не нашли широкого применения в промышленном производстве [1, 2]. Из-за высокой рентабельности этой сельскохозяйственной культуры резко сократились севообороты в последние десятилетия не только в РФ, но и во многих странах мира: вместо ротации 7-10 лет, подсолнечник возвращают на прежнее поле через 1-4 года. Поскольку системная инфекция обычно развивается в течение короткого времени после посева (до появления 2-3 пар настоящих листьев), обработка семян против ложной мучнистой росы химическим препаратом могла бы быть действенной. Однако немногие доступные фунгициды для обработки семян эффективны против *P. halstedii* [3]. Кроме того, для химической защиты растений необходимо

применение фунгицидов в каждом новом вегетационном сезоне, что ухудшает экологическую ситуацию и повышает риск развития резистентности фитопатогена к этим препаратам [4]. Против ложной мучнистой росы производителями подсолнечника в разных странах широко использовался системный фунгицид из класса фениламидов с действующим веществом металаксил. В середине 1980-х в ряде стран у *P. halstedii* проявилась устойчивость к нему. Вместо металаксилы стали использовать его изомер – мефеноксам. Однако с начала 2000-х появилась устойчивость у патогена и к этому фунгициду [5].

Для повышения доходности и экологизации производства культуры растения должны быть защищены от болезней без опрыскиваний или протравливания семян [6]. Это возможно благодаря генетической устойчивости. Устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе, контролируемая отдельными генами (обозначаются *Pl*), является полной, но расоспецифичной (вертикальной, или качественной). Устойчивые генотипы подсолнечника начинают поражаться, когда в ходе сопряженной эволюции хозяина и патогена у *P. halstedii* появляются новые расы, которых к настоящему времени идентифицировано в мире порядка 50 [7, 8]. Расовый состав по континентам и странам неоднороден и связан, в первую очередь, с возделываемым ассортиментом подсолнечника [7, 9]. При этом неизбежно происходит миграция рас вместе с зараженными семенами [10, 11, 12], особенно в условиях всемирной глобализации [13]. Поэтому постоянно ведется исследование генетических ресурсов подсолнечника, преимущественно среди его диких сородичей, в поисках новых генов устойчивости к *P. halstedii* и перспектив их использования в селекции. Кроме расоспецифической устойчивости, в последние годы все больше

внимания уделяется устойчивости количественной (расонеспецифичной, или горизонтальной) как более долгосрочной [14, 15].

В процессе отбора устойчивых к ложной мучнистой росе селекционных образцов подсолнечника, а также при выборе генотипов культуры для возделывания, необходимо учитывать состояние популяции патогена по расовому составу и чувствительности к фунгицидам.

Цель исследования – определение расового состава популяции *P. halstedii* в регионах Российской Федерации и чувствительности изолятов патогена к фунгициду мефеноксам.

Научная новизна. В статье представлено современное состояние популяции *P. Halstedii* по расовому составу и чувствительности к фунгициду мефеноксам в нескольких регионах РФ, в Волгоградской и Липецкой областях – впервые.

Материал и методы. В мае-июле 2019 и 2020 годах на полях в Республике Адыгея, Краснодарском и Ставропольском краях, Волгоградской, Липецкой, Саратовской и Ростовской областях собирали пораженные ложной мучнистой росой растения подсолнечника. Все лабораторные исследования проводили в ФГБНУ ФНЦ ВНИИ масличных культур (г. Краснодар).

Идентифицировали расовую принадлежность изолятов *P. halstedii* лабораторным методом, разработанным во ВНИИМК [16] с использованием стандартного международного набора из девяти линий-дифференциаторов подсолнечника [17]. В тестированиях были добавлены линии-дифференциаторы подсолнечника HA-337, Rha-340 и Rha-419. Фенотипическую реакцию дифференциальных линий на заражение *P. halstedii* определяли по наличию спороношения патогена и его интенсивности на семядолях и первой паре настоящих листьев растений подсолнечника. К восприимчивым относили растения со спороношением на настоящих листьях или с обильным спороношением только на семядолях, к устойчивым – растения без спороношения или со слабым спороношением только на семядолях [18].

Изоляты *P. halstedii* были протестированы на чувствительность к фунгициду мефеноксам. В тестах использовали семена подсолнечника универсально восприимчивого к ложной мучнистой росе сорта ВНИИМК 8883, обработанные фунгицидом Апрон XL, ВЭ (мефеноксам 350 г/л, Syngenta, Швейцария)

в соответствии с рекомендованными в РФ нормами расхода (3 л/т семян). В качестве контроля использовали семена того же сорта без обработки. Протравленные и необработанные (контроль) семена высевали отдельно в обработанный паром почвенный субстрат в пластиковые ящики (35*15*12 см) по 70 семян/ящ., повторность двукратная. На 3-4-е сутки после посева (при появлении у всходов "коленец") проводили заражение отдельными изолятами *P. halstedii*, поливая проростки инокулюмом из расчета 200 мл суспензии/ящ. при концентрации инокулюма 10^5 зооспорангиев/мл воды. Температура воды в инокулюме и воздуха в помещении при инокуляции и инкубировании составила 20 °С. Инокуляция повторена через три дня для приближения условий к естественным, где инфицирование растений подсолнечника *P. halstedii* может происходить на протяжении нескольких недель. На 10-12 день после второй инокуляции провоцировали спороношение патогена, создавая условия влажной камеры на ночь. На следующий день учитывали количество растений с симптомами ложной мучнистой росы (наличие спороношения *P. halstedii*, некрозы, хлорозы и др.), а также погибших. Растения считали пораженными при любых из указанных симптомов.

Результаты и их обсуждение. Мониторинг состояния популяции возбудителя ложной мучнистой росы является основой для успешной селекции подсолнечника на устойчивость к болезни. Он ведется нами на юге РФ на протяжении нескольких десятилетий. В результате анализа 285 изолятов *P. halstedii*, собранных на подсолнечнике в 2019 и 2020 гг., во всех изученных регионах были выявлены расы 330, 710, 730 – на отечественных сортах и гибридах, а также на падалице. Раса 334 была обнаружена в образцах из всех регионов, кроме Ставропольского края, в Ростовской, Липецкой и Волгоградской областях – только на иностранных гибридах. В Ростовской области ранее раса 334 обнаружена не была, а в Волгоградской и Липецкой областях расовая структура популяции *P. halstedii* исследована впервые. В Республике Адыгея и Краснодарском крае раса 334 на полях, засеянных иностранными гибридами, была единственной, а на полях, засеянных отечественными сортами и гибридами, кроме нее определялись и другие расы (330, 710 и 730). В нескольких районах Краснодарского края как на отечественных генотипах, так и на

иностранных гибридах была обнаружена раса 734. На посевах отечественных сортов и гибридов, чьи семена были протравлены перед посевом фунгицидом Апрон XL, выявлены только расы 710, 730 и 734.

Расы *P. halstedii*, которые были обнаружены в Российской Федерации на момент подготовки данной публикации, представлены в таблице 1 (данные по Белгородской области – по результатам исследований В. И. Якуткина и Е. М. Ахтуловой [19]). К сожалению, популяция патогена изучена лишь в нескольких возделывающих подсолнечник регионах России. Наиболее полно – в Краснодарском крае, где за более чем 30 лет исследований было выявлено 11 рас. Расы 100, 300, 310 и 700

не были найдены в регионе после 2007 года. Первой в Российской Федерации, преодолевшей действие гена устойчивости *Pl₆*, была раса 334 (впервые обнаружена в 2012 г. в Краснодарском крае на иностранном гибриде подсолнечника). В 2016 году были выявлены впервые в России сразу три новые расы: 713, 733 и 734. Как и раса 334, они были найдены на полях, засеянных иностранными гибридами подсолнечника. Ранее все эти три расы присутствовали в США, раса 713 встречалась в Испании, Сербии, Турции и Аргентине, 733 – Канаде [20]. Раса 734 была недавно выявлена в Венгрии [21]. Мы полагаем, что новые расы *P. halstedii* попадали в Россию с импортированным семенным материалом.

*Таблица 1 – Расы Plasmopara halstedii в регионах Российской Федерации /
Table 1 – Races of Plasmopara halstedii in the regions of the Russian Federation*

Регион / Region	Paca / Race										
	100	300	310	330	334	700	710	730	713	733	734
Республика Адыгея / The Republic of Adygeya	-	-	X	X	Y	-	X	X	-	-	-
Краснодарский край / Krasnodar Krai	X	X	X	XY	Y	X	XY	XY	Y	Y	Y
Ставропольский край / Stavropol Territory	-	-	-	Y	-	-	Y	Y	-	-	-
Волгоградская область / Volgograd region	-	-	-	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-
Липецкая область / Lipetsk region	-	-	-	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-
Ростовская область / Rostov region	-	-	XY	XY	Y	-	XY	XY	-	-	-
Белгородская область*/ Belgorod region*	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-

Примечания: расы обнаружены: X – до 2007 года, Y – после 2007 года; * – по литературным данным [19] /
Notes: races discovered: X – before 2007, Y – after 2007; * – according to literature data [19]

Тестирование изолятов разной расовой принадлежности на устойчивость к фунгициду мефеноксам показало наличие в образцах с некоторых полей Краснодарского края устойчивых изолятов, принадлежащих широко распространенным расам 710, 730 и 734; испытанные изоляты этих и других расовых принадлежностей из других регионов и ряда полей Краснодарского края были чувствительны к мефеноксаму.

Для эффективной защиты посевов подсолнечника от ложной мучнистой росы химических методов недостаточно, возделываемый ассортимент культуры должен быть генетически устойчив. Гены устойчивости в линиях-дифференциаторах подсолнечника и поражае-

мость этих линий выявленными в России расами представлены в таблице 2.

Как показывают данные таблицы 2, ко всем обнаруженным расам *P. halstedii* устойчивость проявили линии-дифференциаторы подсолнечника 803-1 (*Pl₅₊*), Rha-340 (*Pl₈*) и Rha-419 (*Pl_{arg}*). Линия 803-1 поражается многими расами патогена в других странах [7]. Долгое время ген устойчивости *Pl₈* обеспечивал надежную защиту подсолнечника от возбудителя ложной мучнистой росы, однако недавно его действие было преодолено в США и некоторых странах Евросоюза. Ген *Pl_{arg}* и еще несколько генов пока сохраняют устойчивость ко всем обнаруженным в мире расам патогена [8, 22].

Таблица 2 – Фенотипическая реакция линий-дифференциаторов подсолнечника на заражение расами *Plasmopara halstedii*, идентифицированными в Российской Федерации в 2000-2020 гг. /

Table 2 – Phenotypic reaction of differential lines of sunflower to *Plasmopara halstedii* races identified in the Russian Federation in 2000-2020

Дифференциатор / differential		Ген устойчи- вости <i>Pl</i> / The resistance gene <i>Pl</i>	Раса / Race										
линия / line	No.		100	300	310	330	334	700	710	730	713	733	734
HA-304	D1	Нет	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
Rha-265	D2	<i>Pl</i> ₁	У	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
Rha-274	D3	<i>Pl</i> _{2/21}	У	У	У	У	У	В	В	В	В	В	В
PMI-3	D4	<i>Pl</i> _{PM3}	У	У	В	В	В	У	В	В	В	В	В
PM-17	D5	<i>Pl</i> ₅₋	У	У	У	В	В	У	У	В	У	В	В
803-1	D6	<i>Pl</i> ₅₊	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У
HA-R4	D7	<i>Pl</i> ₁₆	У	У	У	У	У	У	У	У	В	В	У
QHP-1	D8	<i>Pl</i> ₁₃	У	У	У	У	У	У	У	У	В	В	У
HA-335	D9	<i>Pl</i> ₆	У	У	У	У	В	У	У	У	У	У	В
HA-337		<i>Pl</i> ₇	У	У	У	У	В	У	У	У	У	У	В
Rha-340		<i>Pl</i> ₈	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У
Rha-419		<i>Pl</i> _{arg}	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У

Примечания: Dn – дифференциатор из стандартного набора для определения расы; *Pln* – ген устойчивости к *P. halstedii* в линии-дифференциаторе по Virányi et al. (2015) [9] and Gascuel et al. (2015) [23]; реакция дифференциатора подсолнечника на заражение расой *P. halstedii*: В – восприимчивый, У – устойчивый /

Notes: Dn – differential from the standard set for the race identification; *Pln* – the gene of resistance to *P. halstedii* in the differential line according to Virányi et al. (2015) [9] and Gascuel et al. (2015) [23]; reaction of the sunflower differentiator to infection with the *P. halstedii* race: В – susceptible, У – resistant

В результате коэволюционных процессов появляются новые физиологические расы *P. halstedii*, вирулентные самым, казалось бы, надежным генам устойчивости подсолнечника. Как отметил О. Spring (2019) [7], избежать распространения рас по разным странам в условиях глобализации весьма затруднительно, так как оно происходит с семенами, а возможности обнаружить в семенах *P. halstedii* ограничены [11, 24].

Поиск новых генов устойчивости к ложной мучнистой росе ведется постоянно, особенно у диких *H. annuus* и других видов рода, довольно богатых генами широкого спектра устойчивости [25, 26]. Во многих странах, где подсолнечник является важной культурой (в т. ч. и в России), коллекции как диких, так и культурных форм хранятся в генных банках и используются в местных программах исследований и в селекции [27]. Во Всероссийском НИИ масличных культур (ВНИИМК) создание сортов и гибридов подсолнечника с устойчивостью к ложной мучнистой росе является одной из основных селекционных задач. Селекционные образцы тестируются на устойчивость ко всем обнару-

женным в регионе расам. В зависимости от поставленных задач образцы инокулируют отдельными расами *P. halstedii*, либо их смесями. Наиболее перспективными являются образцы с устойчивостью к комплексу рас патогена. Последние десятилетия в селекционных программах успешно применяются технологии генотипирования с использованием молекулярных маркеров. С их помощью многие гены устойчивости к *P. halstedii* идентифицированы и картированы по группам сцепления генома подсолнечника. Молекулярные маркеры позволяют контролировать наличие необходимых генов на любых этапах создания новых генотипов культуры [26, 28]. Молекулярные методы активно разрабатываются и апробируются во ВНИИМК [29]; их применение позволит существенно ускорить процесс отбора устойчивых образцов и получения новых линий, сортов и гибридов подсолнечника. Однако для определения стратегий растениеводства и селекции устойчивого к ложной мучнистой росе подсолнечника необходим непрерывный плановый мониторинг расового состава популяции *P. halstedii*.

Заключение. В Российской Федерации к 2020 году обнаружено 11 рас возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника. Установлены самые распространенные расы – 330, 334, 710 и 730. Впервые обнаружена раса 334 в Ростовской области и определен расовый состав *P. halstedii* в Волгоградской и Липецкой областях Российской Федерации. Новые расы *P. halstedii*, вероятнее всего, попадают в Россию с импортированным семенным материалом подсолнечника. Селекция подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе

должна ориентироваться на получение генотипов с иммунитетом к комплексу рас патогена.

В Краснодарском крае в популяции *P. halstedii* имеются биотипы, устойчивые к фунгициду мефеноксам.

Для надежной защиты посевов подсолнечника от ложной мучнистой росы необходимо применять комплекс мер, из которых в настоящее время наиболее эффективны соблюдение севооборотов, протравливание семян перед посевом фунгицидами и возделывание генетически устойчивых генотипов.

References

1. Маслиенко Л. В., Воронкова А. Х., Арасланова Н. М., Иванов А. С. Антифунгальное действие перспективных штаммов грибных и бактериальных антагонистов на зооспорангии возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017;3(171):85-92. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30728798>
2. Maslienko L. V., Voronkova A. Kh., Araslanova N. M., Ivanov A. S. *Antifungal'noe deystvie perspektivnykh shtammov gribnykh i bakterial'nykh antagonistov na zoosporanii vozбудitelya lozhnoy muchnistoy rosy podsolnechnika*. [Antifungal action of the perspective strains of the fungal and bacterial antagonists on zoosporangia of the downy mildew pathogen on sunflower]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2017;3(171):85-92. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30728798>
3. Doshi P., Nisha N., Yousif A. I. A., Körösi K., Bán R., Turóczy G. Preliminary investigation of effect of neem-derived pesticides on *Plasmopara halstedii* pathotype 704 in sunflower under *in vitro* and *in vivo* conditions. *Plants*. 2020;9(4):535. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9040535>
4. Humann R. M., Johnson K. D., Wunsch M. J., Meyer S. M., Jordahl J. G., Bauske E. C., Halvorson J. M., Friskop A. J., O'Bryan K. A., Gulya T. J., Markell S. G. Evaluation of oxathiapiprolin for the management of sunflower downy mildew. *Plant disease*. 2019;103(10):2498-2504. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2045-RE>
5. Щербаклова Л. А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2019;54(5):875-891. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>
6. Shcherbakova L. A. *Razvitie rezistentnosti k fungitsidam u fitopatogennykh gribov i ikh khemosensibilizatsiya kak sposob povysheniya zashchitnoy effektivnosti triazolov i strobilurinov (obzor)*. [Fungicide resistance of plant pathogenic fungi and their chemosensitization as a tool to increase anti-disease effects of triazoles and strobilurines (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2019;54(5):875-891. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>
7. Molinero-Ruiz M. L., Cordon-Torres M. M., Martínez-Aguilar J., Melero-Vara J. M., Domínguez J. Resistance to metalaxyl and to metalaxyl-M in populations of *Plasmopara halstedii* causing downy mildew in sunflower. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2008;30(1):97-105. DOI: <https://doi.org/10.1080/07060660809507500>
8. Veer F., Serre F., Roche S., Walser P., Tourvieille de Labrouhe D. Recent research on downy mildew resistance useful for breeding industrial use sunflowers. *Helia*. 2007;30(46):45-54. DOI: <https://doi.org/10.2298/HEL0746045V>
9. Spring O. Spreading and global pathogenic diversity of sunflower downy mildew – Review. *Plant Protect. Sci*. 2019;55:149-158. DOI: <https://doi.org/10.17221/32/2019-PPS>
10. Gilley M. A., Gulya T. J., Seiler G. J., Underwood W., Hulke B. S., Misar C. G., Markell S. G. Determination of virulence phenotypes of *Plasmopara halstedii* in the United States. *Plant Disease*. 2020;104(11):2823-2831. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2063-RE>
11. Viranyi F., Gulya T. J., Tourvieille de Labrouhe D. (2015): Recent changes in the pathogenic variability of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) populations from different continents. *Helia*. 2015;38(63):149-162. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2015-0009>
12. Cohen Y., Sackston W. E. Seed infection and latent infection of sunflower by *Plasmopara halstedii*. *Canadian Journal of Botany*. 1974;52:231-238. DOI: <https://doi.org/10.1139/b74-027>
13. Ios R., Laugustin L., Rose S., Tourvieille J., Tourvieille de Labrouhe D. Development of a PCR test to detect the downy mildew causal agent *Plasmopara halstedii* in sunflower seeds. *Plant Pathology*. 2007;56(2):209-218. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01500.x>

12. Spring O. Non-systemic infections of sunflower with *Plasmopara halstedii* and their putative role in the distribution of the pathogen. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2001;108(4):329-336. URL: https://www.researchgate.net/publication/285685502_Nonsystemic_infections_of_sunflower_with_Plasmopara_halstedii_and_their_putative_role_in_the_distribution_of_the_pathogen
13. Pilorge E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. *OCL* 2020;27:34. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>
14. Vincourt P., As-Sadi F., Bordat A., Langlade N. B., Gouzy J., Pouilly N., Lippi Y., Serre F., Godiard L., Tourvieille de Labrouhe D., Vear F. Consensus mapping of major resistance genes and independent QTL for quantitative resistance to sunflower downy mildew. *Theor. Appl. Genet.* 2012;125:909-920. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1882-y>
15. Гончаров С. В., Голошчапова Н. Н. Долговременная устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019;(80):93-97. DOI: <https://doi.org/10.21515/1999-1703-80-93-97>
- Goncharov S. V., Goloshchapova N. N. *Dolgovremennaya ustoychivost' podsolnechnika k lozhnoy muchnistoy rose*. [Sunflower durable resistance to downy mildew]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;(80):93-97. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1999-1703-80-93-97>
16. Iwebor M., Antonova T. S., Saukova S. Changes in the racial structure of *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni population in the South of the Russian Federation. *Helia*. 2016;39(64):113-121. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2016-0008>
17. Tourvieille de Labrouhe D., Gulya T. J., Masirevic S., Penaud A., Rashid K., Viranyi F. New nomenclature of races of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew). In: Proceedings 15th International Sunflower Conference, June 12-15, 2000, Toulouse, France. International Sunflower Association. 2000;I:61-66. URL: https://www.researchgate.net/publication/283256504_New_nomenclature_of_Races_of_Plasmopara_halstedii_Sunflower_Downy_Mildew
18. Tourvieille de Labrouhe D., Walser P., Jolivot D., Roche S., Serre F., Leguillon M., Delmotte F., Bordat A., Godiard L., Vincourt P., Vear F. Proposal for improvement of sunflower downy mildew race nomenclature. In: Proceedings 18th International Sunflower Conference, Feb 27-March 1, 2012, Mar Del Plata, Argentina. Paris, International Sunflower Association. 2012. pp. 322-327. URL: https://www.researchgate.net/publication/283266439_Proposal_for_improvement_of_sunflower_downy_mildew_race_nomenclature
19. Якуткин В. И., Ахтулова Е. М. Физиологические расы возбудителя ложномучнистой росы подсолнечника в России. Современная микология в России, 1-й съезд микологов России (тез. докл.). М., 2002. С. 217-218.
- Yakutkin V. I., Akhtulova E. M. *Fiziologicheskie rasy vzbuditelya lozhnomuchnistoy rosy podsolnechnika v Rossii*. [Physiological races of the causative agent of sunflower false mildew in Russia]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii, 1-y s"ezd mikologov Rossii (tez. dokl.)*. [Modern Mycology in Russia, 1st Congress of Mycologists of Russia (theses)]. Moscow, 2002. pp. 217-218.
20. Iwebor M., Antonova T. S., Saukova S. Occurrence and distribution of races 713, 733 and 734 of sunflower downy mildew pathogen in the Russian Federation. *Helia*. 2018;41(69):141-151. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2018-0015>
21. Martín-Sanz A., Rueda S., García-Carneros A. B., Molinero-Ruiz L. First report of a new highly virulent pathotype of sunflower downy mildew (*Plasmopara halstedii*) overcoming the *Pl8* resistance gene in Europe. *Plant Disease*. 2020;104(2):597. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-19-1425-PDN>
22. Nisha N., Körösi K., Perczel M., Yousif A. I. A., Bán R. First report on the occurrence of an aggressive pathotype, 734, of *Plasmopara halstedii* causing sunflower downy mildew in Hungary. *Plant Disease*. 2021;105(3):711. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1054-PDN>
23. Gascuel Q., Martinez Y., Boniface M. C., Vear F., Pichon M., Godiard L. The sunflower downy mildew pathogen *Plasmopara halstedii*. *Mol. Plant Pathol.* 2015;16(2):109-122. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12164>
24. Virányi F., Spring O. Advances in sunflower downy mildew research. *European Journal of Plant Pathology*. 2011;129:207-220. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9683-0>
25. Seiler G. J., Qi L. L., Marek L. F. Utilization of sunflower crop wild relatives for cultivated sunflower improvement. *Crop Science*. 2017;57(3):1083-1101. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0856>
26. Pecrix Y., Penouilh-Suzette C., Muñoz S., Vear F., Godiard L. Ten broad spectrum resistances to downy mildew physically mapped on the sunflower genome. *Front. Plant Sci.* 2018;9:1780. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01780>
27. Terzić S., Boniface M., Marek L., Álvarez D., Baumann K., Gavrilova V., Joița-Păcureanu M., Sujatha M., Válková D., Velasco L., Hulke B., Jocić S., Langlade N. B., Muñoz S., Rieseberg L., Seiler G., Vear F. Gene banks for wild and cultivated sunflower genetic resources. *OCL*. 2020;27:9. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020004>
28. Ma G. J., Markell S. G., Song Q. J., Qi L. L. Genotyping-by-sequencing targeting of a novel downy mildew resistance gene *Pl20* from wild *Helianthus argophyllus* for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theor Appl Genet.* 2017;130(7):1519-1529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2906-4>
-

29. Рамазанова С. А., Бадьянов Е. В., Гучетль С. З. Молекулярные маркеры генов Pl_6 , Pl_{13} и Pl_{arg} для использования в селекции подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2020;3(183):20-27. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-20-26>

Ramazanova S. A., Badyanov E. V., Guchetl S. Z. *Molekulyarnye markery genov Pl_6 , Pl_{13} i Pl_{arg} dlya ispol'zovaniya v seleksii podsolnechnika na ustoychivost' k lozhnoy muchnistoy rose*. [Molecular markers of genes Pl_6 , Pl_{13} and Pl_{arg} for sunflower breeding on resistance to downy mildew]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2020;3(183):20-27. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-20-26>

Сведения об авторах

✉ **Ивебор Мария Вячеславовна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, 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: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3973-2965>, e-mail: maria-iwebor@mail.ru

Антонова Татьяна Сергеевна, доктор биол. наук, зав. лабораторией 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: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8915-1136>

Арасланова Нина Михайловна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, 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: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3607-9254>

Саукова Светлана Леонидовна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, 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: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2176-3491>

Питинова Юлия Владимировна, аналитик, 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: immunity@vniimk.ru

Елисеева Ксения Константиновна, аналитик, 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: immunity@vniimk.ru

Information about the authors

✉ **Maria V. Iwebor**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3973-2965>, e-mail: maria-iwebor@mail.ru

Tatiana S. Antonova, DSc in Biology, Head of the Laboratory of Immunity, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8915-1136>

Nina M. Araslanova, PhD in Biology, senior researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3607-9254>

Svetlana S. Saukova, PhD in Agricultural Science, leading researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2176-3491>

Yulia V. Pitinova, analyst, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru

Ksenia K. Eliseeva, analyst, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author