



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-11-14>

УДК: 633.854.78:632.4

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

## МОНИТОРИНГ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПОДСОЛНЕЧНИКА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ УСТОЙЧИВОСТИ К ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЕ

(✉) Мерк Л.Б.<sup>1,2</sup>, Губарева Н.С.<sup>3</sup>, Николаева В.Н.<sup>4</sup>, Доланбаева Г.Т.<sup>4</sup>, Дидоренко С.В.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция

Восточно-Казахстанская область, п. Опытное Поле, Казахстан

<sup>2</sup>Алтайский государственный аграрный университет

Барнаул, Россия

<sup>3</sup>Восточно-Казахстанская областная карантинная лаборатория – филиал Республиканского центра карантина растений Комитета государственной инспекции в агропромышленном комплексе Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан

Восточно-Казахстанская область, Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>4</sup>Национальная научная лаборатория коллективного пользования Восточно-Казахстанского университета им. С. Аманжолова

Восточно-Казахстанская область, Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>5</sup>Казахстанский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства

Алматинская область, п. Алмалыбак, Казахстан

(✉) e-mail: ariva8881@mail.ru

Увеличение производства маслосемян подсолнечника требует использования урожайных, адаптированных к условиям возделывания сортов и гибридов, устойчивых к вредоносным патогенам зоны выращивания. Снижению устойчивости культуры способствует целый ряд причин. Одна из них – возникновение условий для развития не только новых заболеваний, но и более агрессивных рас уже хорошо известных патогенов. Самым эффективным и экологически безопасным путем борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур является создание устойчивого селекционного материала. В связи с этим в условиях Восточно-Казахстанской области были проведены исследования по оценке устойчивости к ложной мучнистой росе перспективного селекционного материала подсолнечника, созданного специалистами Восточно-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции. Определены количественные показатели пораженных растений и интенсивность поражения семядолей спороношением. Даны характеристика степени восприимчивости исследуемых образцов по 5-балльной шкале. Результаты опытов подтвердили возможность проведения отбора на разных этапах селекционной работы. Выделенный исходный материал может быть использован в качестве родительских форм при создании новых сортов и гибридов подсолнечника.

**Ключевые слова:** ложная мучнистая роса, подсолнечник, интенсивность поражения, тип реакции, устойчивость, патоген, гибрид, линия

## MONITORING OF SUNFLOWER BREEDING MATERIAL TO IDENTIFY THE LEVEL OF RESISTANCE TO FALSE POWDERY MILDEW

(✉) Merk L.B.<sup>1,2</sup>, Gubareva N.S.<sup>3</sup>, Nikolaeva V.N.<sup>4</sup>, Dolanbaeva G.T.<sup>4</sup>, Didorenko S.V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>East Kazakhstan Agricultural Experimental Station

Optytnoe Pole, East Kazakhstan region, Kazakhstan

<sup>2</sup>Altai State Agrarian University

Barnaul, Russia

<sup>3</sup>*East Kazakhstan Regional Quarantine Laboratory – Branch of the Republican Center for Plant Quarantine of the Committee of the State Inspection in Agro-industrial Complex of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan*

Ust-Kamenogorsk, East Kazakhstan region, Kazakhstan

<sup>4</sup>*National Scientific Laboratory for Collective Use, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University*  
Ust-Kamenogorsk, East Kazakhstan region, Kazakhstan

<sup>5</sup>*Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant growing*

Almalybak village, Almaty region, Kazakhstan

(✉)e-mail: ariva8881@mail.ru

Increased production of sunflower oilseeds requires the use of yielding, adapted to the conditions of cultivation varieties and hybrids resistant to harmful pathogens of the growing area. A number of reasons contribute to the decline in crop resistance. One of them is the emergence of conditions for the development of not only new diseases, but also more aggressive races of already well-known pathogens. The most effective and environmentally friendly way to control crop diseases is to create sustainable breeding material. In this regard, in the conditions of the East Kazakhstan region studies were conducted to assess the resistance to false powdery mildew of the promising breeding material of sunflower created by the specialists of the East Kazakhstan Agricultural Experimental Station. Quantitative indices of affected plants and the intensity of sporoniferous lesions on seedlings were determined. Characterization of the degree of susceptibility of the tested samples on a 5-point scale was given. The results of the experiments confirmed the possibility of selection at different stages of the breeding work. The selected source material can be used as parental forms in the creation of new sunflower varieties and hybrids.

**Keywords:** Downy mildew, sunflower, lesion intensity, reaction type, resistance, pathogen, hybrid, line

**Для цитирования:** Мерк Л.Б., Губарева Н.С., Николаева В.Н., Доланбаева Г.Т., Дидоренко С.В. Мониторинг селекционного материала подсолнечника с целью определения уровня устойчивости к ложной мучнистой росе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 11. С. 138–146. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-11-14>

**For citation:** Merk L.B., Gubareva N.S., Nikolaeva V.N., Dolanbaeva G.T., Didorenko S.V. Monitoring of sunflower breeding material to identify the level of resistance to false powdery mildew. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 11, pp. 138–146. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-11-14>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан (BR10764991, BR10765017).

#### Acknowledgements

The work was carried out within the framework of program-targeted financing of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (BR10764991, BR10765017).

## ВВЕДЕНИЕ

В Восточно-Казахстанской области в последние два десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к увеличению посевных площадей подсолнечника, что обусловлено в том числе высокой экономической рентабельностью данной культуры. На фоне роста доли подсолнечника в севооборотах, естественным путем возникает необходимость обеспечения сельхозпроизводителей качественным

семенным материалом. Безусловно, ввоз и использование семян гибридов иностранной селекции<sup>1</sup> частично решают проблему удовлетворения потребностей региона в семенах подсолнечника. Однако из-за высокой стоимости семена импортных гибридов доступны не для всех местных фермеров. К тому же их качество не всегда соответствует заявленным параметрам. В связи с этим в Восточном Казахстане актуальным является вопрос нала-

<sup>1</sup>Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 гг. Астана, 2017. 150 с.

живания производства отечественных семян подсолнечника.

Рост посевных площадей подсолнечника в севооборотах и, как результат, возвращение культуры на прежнее место не через 5–8 лет, а через 2–3 года, создают благоприятные условия для накопления инфекции и развития эпифитотий [1]. Агроклиматические условия Восточного Казахстана разнообразны, что обеспечивает сохранение и распространение на его территории широкого спектра инфекционных заболеваний. Наиболее вредоносными в регионе являются такие заболевания растений, как ложная мучнистая роса, серая и белая гниль, вертицеллюозное увядание, фомоз, сухая гниль корзинок<sup>2</sup>.

Одно из самых распространенных и вредоносных грибковых заболеваний в посевах подсолнечника предгорной лугово-степной зоны Восточного Казахстана – ложная мучнистая роса (ЛМР), вызываемая облигатным грибом-паразитом из класса оомицетов *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni<sup>3</sup>.

Особенность данного заболевания – разнообразие форм проявления. Как известно, мучнистая роса имеет шесть форм проявления<sup>4</sup>. Так, до 2005 г. в посевах подсолнечника в Восточно-Казахстанской области отмечалась только одна форма, отличающаяся средней степенью патогенности. В последнее десятилетие наблюдается распространение всех шести форм<sup>5</sup>. Заболевание носит скрытый характер протекания, поэтому его идентификация по морфологическим признакам может быть затруднена<sup>6</sup>. Заражение корзинок, а также семян ведет к гибели проростков. Данный фактор значительно влияет на посевные качества семенного материала [2].

В сложившейся ситуации актуализируется задача обеспечения региона семенами подсолнечника, свободными от указанной грибковой инфекции. В связи с этим необходимо изучение вредоносности мучнистой росы на посевах подсолнечника в условиях региона. Для этого на первом этапе была проведена оценка семян подсолнечника, из коллекции Восточно-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции (ВКСХОС), являющейся одним из ведущих предприятий страны, занимающихся селекцией и семеноводством масличных культур.

Цель исследования – определение степени устойчивости к ложной мучнистой росе селекционного материала подсолнечника из генофонда ВКСХОС с выделением наиболее резистентных исходных форм.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – 28 экспериментальных гибридов и 30 самоопыленных линий из генофонда ВКСХОС. В качестве контроля использован восприимчивый ко всем расам патогена сорт Круглик А/41, созданный специалистами Всесоюзного научно-исследовательского института масличных культур.

Лабораторные исследования проводили в 2020 г. на базе Национальной научной лаборатории коллективного пользования Восточно-Казахстанского университета им. С. Аманжолова. В качестве основы взята методика проведения подобных опытов, ранее использованная М.В. Ивебор, Т.С. Антоновой и Н.М. Араслановой<sup>7-9</sup> [3–5].

<sup>2</sup>Губарева Н.С., Кузьмина Г.Н., Чурсин А.С. Видовой состав зарегистрированных болезней подсолнечника в Восточном Казахстане // Записки Усть-Каменогорского филиала Казахского географического общества: материалы междунар. науч.-практ. конф. Усть-Каменогорск, 2014. Вып. 8. С. 104–112.

<sup>3</sup>Губарева Н.С., Кузьмина Г.Н. Учебное пособие по определению болезней подсолнечника в Восточно-Казахстанском регионе. Усть-Каменогорск, 2018. 59 с.

<sup>4</sup>Вытрицкая А.А., Кузнецова А.А., Пучин А.М. *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni в Тамбовской области // Вестник Тамбовского государственного университета. 2015. Т. 20. № 6. С. 1595–1600.

<sup>5</sup>Губарева Н.С. Мониторинг болезней подсолнечника и полевая выносливость сортов и гибридов при возделывании в Восточно-Казахстанской области. Усть-Каменогорск, 2018. С. 6–7.

<sup>6</sup>Ciftcigil T.H., Ozer N., Sabudak T. A preliminary study on control of sunflower downy mildew (*Plasmopara halstedii*) with culture filtrates of antagonistic fungi // Proceedings of 19th International Sunflower Conference. Edirne, 2016. P. 1106.

<sup>7</sup>Ивебор М.В. Идентификация рас возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Северного Кавказа и выделение устойчивого к ним исходного материала для селекции: дис. .... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2009. 144 с.

<sup>8</sup>Ивебор М.В., Антонова Т.С., Арасланова Н.М. Особенности проявления ложной мучнистой росы подсолнечника при искусственном заражении различными расами патогена // Масличные культуры. 2009. № 1 (140). С. 26–31.

<sup>9</sup>Екимова Т.С., Кузьмина Г.Н. Изучение методик оценки селекционного материала подсолнечника на иммунитет к ложной мучнистой росе // Global science and innovations 2019: Central Asia. Астана, 2019. Т. 2. С. 315–319.

Для приготовления инокулюма в поле собирали листья подсолнечника со спороношением на нижней стороне листа. Часть растительного материала помещали во влажную камеру для идентификации возбудителя. С поверхности отобранных образцов методом простого смыва зооспор дистиллированной водой получали инокулюм ЛМР. В камере Горяева подсчитывали число зооспор в 1 мл и при необходимости делали разведение до требуемого количества – 106–109 клеток/мл. Расовую принадлежность возбудителя не идентифицировали, для инокулюма использовали популяционную смесь.

Для проращивания отбирали семена в количестве 100 шт. из одной корзинки. Предварительно семена помещали в марлевый фильтр и промывали под струей дистиллированной воды в течение 15 мин с целью сократить число сапроптических микробов. Затем семена сушили на фильтровальной бумаге и помещали в чашки Петри. На низ чашек прокладывали фильтровальную бумагу, сверху накрывали влажненной ватой. Чашки Петри помещали в культивационное помещение под лампы дневного света при температуре 25–27 °C на 2–4 дня (см. рис. 1).

После образования проростков длиной 1,5–2,0 см проводили отбор визуально здоровых образцов: со здоровым корешком,

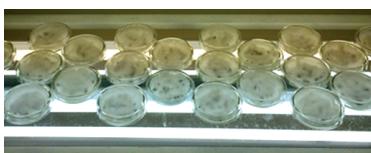
гипокотилем и семядолями. С отобранных проростков снимали лузгу и высаживали их в растильни, представляющие собой кюветы с крупногофрированной фильтровальной бумагой<sup>10</sup> (см. рис. 2).

Инфицирование проростков осуществляли путем полива супензией зооспор. На каждую растильню было использовано по 150 мл супензии. Заражение линий и гибридов ЛМР проводили в фитотроне.

На протяжении первых 7 сут в фитotronе поддерживали температуру 23–25 °C днем и 18 °C ночью. В последующие 7 дней температура была снижена до 16–18 °C. В указанный период проводили полив водой, а также круглосуточно поддерживали влажность в пределах 90,0% путем опрыскивания 4 раза в сутки из пульверизатора<sup>11</sup>.

На 14-й день осуществляли учет и оценку поражения селекционного материала (см. рис. 3). В ходе оценки определяли общее число пораженных растений и интенсивность проявления заболевания у каждого образца. Учет поражаемости проводили на основании установления интенсивности поражения семядолей: определяли площадь спороношения, хлороза, некроза.

Степень устойчивости к инфекции оценивали по шкале качественной реакции проростков подсолнечника на внедрение возбудителя (см. табл. 1). Тип реакции на заражение определяли по 5-балльной шкале.



**Rис. 1.** Семена подсолнечника, помещенные в чашки Петри для проращивания

**Fig. 1.** Sunflower seeds placed in Petri dishes for germination



**Rис. 2.** Растильни с инокулированными проростками

**Fig. 2.** Planters with inoculated seedlings



**Rис. 3.** Проростки со спороношением на 14-й день после заражения

**Fig. 3.** Seedlings with sporulation on the 14th day after infection

<sup>10</sup>Масличенко Л.В., Арасланова Н.М., Ковчигина М.А. Поиск оптимального метода искусственного заражения подсолнечника возбудителем ложной мучнистой росы для определения эффективности опытных образцов микробиопрепаратов // Масличные культуры. 2014. № 2. С. 159–160.

<sup>11</sup>ГОСТ 12044–93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: Издательство стандартов, 2011. 3 с.

**Табл. 1.** Показатели оценки реакции проростков подсолнечника на искусственное заражение *Plasmopara halstedii* (Farl.)

**Table 1.** Indicators for assessing the reaction of sunflower seedlings to artificial infection with *Plasmopara halstedii* (Farl.)

Балл	Характеристика типа поражения	Реакция на заражение
0	Пораженные растения отсутствуют или отмечаются единичные случаи, интенсивность поражения семядольных листьев – от 0,0 до 1,0%	Устойчивые
1	Пораженных проростков – до 50,0%, интенсивность поражения семядольных листьев – до 10,0%	Слабо поражаемые
2	Пораженных проростков – до 50,0%, со спороношением на семядолях – более 10,0%, со слабым спороношением – от 50,0 до 75,0%, интенсивность поражения семядольных листьев – до 10,0%	Средне поражаемые
3	Пораженных проростков со слабым спороношением – от 50,0 до 75,0% при интенсивности поражения семядольных листьев более 10,0%, пораженных проростков – от 75,0 до 100,0% при средней интенсивности спороношения на семядолях (от 10,0 до 30,0%)	Сильно поражаемые
4	Пораженных проростков – от 75,0 до 100,0% при высоком уровне спороношения на семядолях (от 30,0 до 50,0%)	Восприимчивые
5	Все проростки с поражением, интенсивность поражения семядолей – 50,0% и более	Неустойчивые

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Низкое качество семенного материала является в том числе следствием поражения его грибными инфекциями. Считается, что потери в результате инфицирования данным патогеном составляют больше половины от валового сбора [6]. Распространенность заболеваний исследователи во многом связывают с переносчиками болезней, климатическими условиями, нарушением севооборотов. Помимо выявления и учета, разрабатываются методы предотвращения распространения заболеваний<sup>12, 13</sup>. Селекция на устойчивость к болезням имеет свои особенности, поскольку направление работ связано с селектируемой культурой и возникновением новых вариантов патогена [7]. В настоящее время поиск устойчивого селекционного материала представляется перспективным направлением.

В процессе исследования выявлено значительное варьирование показателей по искусственноому заражению ЛМР 28 гибридных комбинаций. В табл. 2. отражены средние результаты по опыту.

На основе представленных данных видно, что в разных вариантах исследования доля зараженных проростков составила от 30,0 (ГК 1/31) до 100,0% (ГК 1/13, ГК 1/42). В контроле этот показатель достиг в среднем 90,0%. Интенсивность поражения семядолей в опыте составила от 2,0 (ГК 1/17) до 80,5% (ГК 1/42). Максимальная интенсивность поражения семядолей отмечена у двух образцов: ГК 1/42 – 80,5%, ГК 1/13 – 80,3% при распространении болезни на всех растениях. Из 28 изучаемых образцов было выделено шесть с максимальной степенью поражения проростков, что позволило определить их как неустойчивые (5 баллов).

Большинство гибридных комбинаций имели невысокую степень поражения проростков (до 22,0%), но в то же время число проростков со спороношением составило более половины всех растений. Такие образцы были отнесены к средне и сильно поражаемым (см. рис. 4).

По сумме характеристик к слабо поражаемым были отнесены ГК 1/39, ГК 1/25, ГК 1/57, средне поражаемым – ГК 1/60,

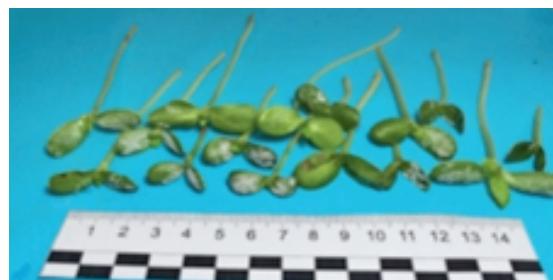
<sup>12</sup>Iwebor M., Antonova T.S. Changes in the racial structure of *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni population in the South of the Russian Federation // Heliathis link is disabled. 2016. N 39 (64). P. 113–121.

<sup>13</sup>Костина Е.Е., Лобачев Ю.В. Селекционная ценность и устойчивость к ложной мучнистой росе и заразихе экспериментальных гибридов подсолнечника // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. 2012. № 5. С. 26–27.

**Табл. 2.** Результаты заражения экспериментальных гибридных комбинаций

**Table 2.** Results of infection of experimental hybrid combinations

Селекционный индекс	Доля проростков со спороношением, %	Интенсивность, %	Тип реакции, балл
ГК 1/31	30,0 ± 1,5	8,3 ± 0,4	0
ГК 1/17	35,0 ± 1,8	2,0 ± 0,1	0
ГК 1/25	45,0 ± 2,3	7,8 ± 0,4	1
ГК 1/57	50,0 ± 2,5	6,3 ± 0,3	1
ГК 1/39	37,5 ± 1,9	18,8 ± 0,9	1
ГК 1/60	55,0 ± 2,8	4,0 ± 0,2	2
ГК 1/59	55,0 ± 2,8	8,5 ± 0,4	2
ГК 1/7	52,9 ± 2,6	16,8 ± 0,8	2
ГК 1/45	73,7 ± 3,7	5,5 ± 0,3	2
ГК 1/34	63,2 ± 3,2	21,8 ± 1,1	3
ГК 1/58	65,0 ± 3,3	12,8 ± 0,6	3
ГК 1/18	65,0 ± 3,3	15,3 ± 0,8	3
ГК 1/23	65,0 ± 3,3	30,8 ± 1,5	3
ГК 1/64	70,0 ± 3,5	14,3 ± 0,7	3
ГК 1/33	70,6 ± 3,5	11,2 ± 0,6	3
ГК 1/48	75,0 ± 3,8	13,5 ± 0,7	3
ГК 1/53	75,0 ± 3,8	14,0 ± 0,7	3
ГК 1/32	77,8 ± 3,9	18,9 ± 0,9	3
ГК 1/16	80,0 ± 4,0	15,8 ± 0,8	3
ГК 1/37	80,0 ± 4,0	20,5 ± 1,0	3
ГК 1/55	80,0 ± 4,0	23,0 ± 1,2	3
ГК 1/10	85,0 ± 4,3	38,3 ± 1,9	4
ГК 1/9	88,2 ± 4,4	30,6 ± 1,5	4
ГК 1/44	95,0 ± 4,8	14,8 ± 0,7	4
ГК 1/43	95,0 ± 4,8	76,5 ± 3,8	4
ГК 1/13	100,0 ± 5,0	80,3 ± 4,0	5
ГК 1/42	100,0 ± 5,0	80,5 ± 4,0	5
Контроль	90,0 ± 4,5	56,0 ± 2,8	5
HCP <sub>0,05</sub>	± 3,5	± 1,1	



**Рис. 4.** Третий тип реакции

**Fig. 4.** Third type of reaction

ГК 1/59, ГК 1/7, ГК 1/45. Высокую степень устойчивости показали образцы ГК 1/17, ГК 1/31. В итоге было решено именно эти девять гибридных комбинаций использовать далее в селекционной работе.

Следует отметить, что у гетерозисных гибридов иммунный ответ к возбудителю ЛМР возможен при условии присутствия в родительских формах горизонтальной и вертикальной устойчивости<sup>14</sup> [8–10]. В связи с этим возникла необходимость изучения константных самоопыленных линий. В ходе опыта на устойчивость к ЛМР было исследовано 30 константных самоопыленных линий (см. табл. 3).

Оценка устойчивости селекционного материала подсолнечника к ЛМР показала, что все исследуемые образцы были в разной степени поражены инфекцией. Количество проростков со спороношением варьировало от 40,0 (КЛ/21) до 100,0% (КЛ/32, КЛ/57). В контролльном варианте этот показатель составил 90,0%. Максимальная интенсивность поражения семядолей у константных линий варьировала от 2,5 (КЛ/5) до 51,8% (КЛ/32), в контролле она составила 54,5%.

Результаты исследования позволили выявить три линии с третьим типом реакции, где отмечалось максимальное количество пораженных растений. Четвертый тип реакции на заражение – «восприимчивые» – отмечен у десяти образцов. Интенсивность поражения семядолей в данном случае составила от 10,0 до 29,3%, количество пораженных растений достигло 75,0%. К средне поражаемым отнесено 12 образцов (см. рис. 5). В указанной

<sup>14</sup>Markin N.V., Usatov A.V., Vasilenko V.N., Maidanyuk D.N., Getmantseva L.V. SSR analysis of maternal and paternal lines selected in the don region (Russia) // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2016. N 11 (1). P. 13–18.

**Табл. 3.** Результаты заражения самоопыленных линий

**Table 3.** Results of infection of self-pollinated lines

Селекционный индекс	Доля проростков со спороношением, %	Интенсивность, %	Тип реакции, балл
КЛ/21	40,0 ± 2,0	2,8 ± 0,1	1
КЛ/5	45,0 ± 2,3	2,5 ± 0,1	1
КЛ/6	50,0 ± 2,5	4,0 ± 0,2	1
КЛ/12	50,0 ± 2,5	2,8 ± 0,1	1
КЛ/4	55,0 ± 2,8	3,3 ± 0,2	2
КЛ/18	55,0 ± 2,8	2,8 ± 0,1	2
КЛ/33	55,0 ± 2,8	5,8 ± 0,3	2
КЛ/2	60,0 ± 30,0	4,3 ± 0,2	2
КЛ/23	65,0 ± 3,3	8,3 ± 0,4	2
КЛ/31	65,0 ± 3,3	7,3 ± 0,4	2
КЛ/61	65,0 ± 3,3	5,0 ± 0,3	2
КЛ/3	75,0 ± 3,8	6,0 ± 0,3	2
КЛ/15	75,0 ± 3,8	7,3 ± 0,4	2
КЛ/22	75,0 ± 3,8	9,5 ± 0,5	2
КЛ/26	75,0 ± 3,8	5,0 ± 0,3	2
КЛ/35	75,0 ± 3,8	8,8 ± 0,4	2
КЛ/24	60,0 ± 3,0	14,3 ± 0,7	3
КЛ/25	70,0 ± 3,5	16,3 ± 0,8	3
КЛ/30	70,0 ± 3,5	29,3 ± 1,5	3
КЛ/58	70,0 ± 3,5	10,5 ± 0,5	3
КЛ/60	70,0 ± 3,5	23,3 ± 1,2	3
КЛ/62	70,0 ± 3,5	18,8 ± 0,9	3
КЛ/29	75,0 ± 3,8	15,8 ± 0,8	3
КЛ/34	75,0 ± 3,8	16,0 ± 0,8	3
КЛ/56	75,0 ± 3,8	15,0 ± 0,8	3
КЛ/63	75,0 ± 3,8	10,0 ± 0,5	3
КЛ/59	95,0 ± 4,8	43,8 ± 2,2	4
КЛ/32	100,0 ± 5,0	51,8 ± 2,6	5
КЛ/57	100,0 ± 5,0	37,5 ± 1,9	5
Контроль	90,0 ± 4,5	54,5 ± 2,7	5
HCP <sub>0,05</sub>	± 3,5	± 0,7	



**Рис. 5.** Второй тип реакции

**Fig. 5.** Second type of reaction

группе инфицированными оказались больше половины растений, с небольшим поражением семядолей – от 2,8 до 9,5%.

Среди изучаемых линий как перспективный селекционный материал по степени устойчивости к ЛМР выделены образцы, имеющие небольшое число проростков со слабым поражением (КЛ/5, КЛ/6, КЛ/12, КЛ/21). Эти линии можно охарактеризовать как слабо поражаемые.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выделить не только исходный селекционный материал для создания новых экспериментальных гибридов, устойчивых к ЛМР, но также слабо поражаемые и устойчивые перспективные гибридные комбинации.

Необходимо отметить, что опыты были проведены в 2020 г., и в настоящее время отобранный на основании учета устойчивости к ЛМР селекционный материал мог ее утратить в силу возникновения в популяции возбудителя более агрессивной расы.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что для повышения устойчивости к ЛМР константных линий и гибридов необходимо продолжать исследования по выявлению устойчивых форм, которые можно использовать в селекции и клеточной биотехнологии. Параллельно следует изучать биологию гриба и его ресорный состав в условиях Восточно-Казахстанской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голощапова Н.Н., Гончаров С.В., Самелик Е.Г. Ложная мучнистая роса: заражение, симптомы и устойчивость подсолнечника к возбудителю болезни // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 175 (1). С. 56–68. DOI: 10.21515/1990-4665-175-004.
- Лукомец В.М., Трунова М.В., Демурин Я.Н. Современные тренды селекционно-генетического улучшения сортов и гибридов подсолнечника во ВНИИМК // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25 (4). С. 388–393. DOI: 10.18699/vj21.042.
- Маслиенко Л.В., Арасланова Н.М. Метод искусственного заражения проростков подсолнечника возбудителем ложной мучнистой росы для определения эффективности лабораторных образцов микробиопрепаратов на основе штаммов-антагонистов // Масличные культуры. 2022. № 3 (191). С. 67–72. DOI: 10.25230/2412-608x-2022-3-191-67-73.
- Голощапова Н.Н., Гончаров С.В., Савченко В.Д., Ивебор М.В. Создание линий-восстановителей fertильности пыльцы подсолнечника, устойчивых к наиболее распространенным расам ложной мучнистой росы в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2019. № 3 (179). С. 3–10. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-3-10.
- 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). С. 90–97. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97.
- Gilley M.A., Gulya T.J., Seiler G.J., Misar C.G., Markell S.G. Determination of virulence phenotypes of *plasmopara halstedii* in the United States // Plant Disease. 2020. N 104 (11). P. 2823–2831. DOI: 10.1094/pdis-10-19-2063-re.
- Gontcharov S.V., Korotkova T.S., Goloschapova N.N., Nesmyslenov A.P. Shuttle breeding in sunflower lines development // Helia. 2021. N 44 (75). P. 125–130. DOI: 10.1515/helia-2021-0011.
- Голощапова Н.Н., Гончаров С.В. Применение термогигограмм в селекции подсолнечника на горизонтальную устойчивость к возбудителю ложной мучнистой росы // Масличные культуры. 2020. № 1 (181). С. 21–30. DOI: 10.25230/2412-608x-2020-1-181-21-30.
- Gontcharov S.V., Goloschapova N.N. Evaluation of horizontal resistance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to downy mildew (*Plasmopara halstedii*) // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2021. Vol. 28. P. 1–6. DOI: 10.1051/ocl/2021047.
- Голощапова Н.Н., Гончаров С.В., Самелик Е.Г. Общая и специфическая комбинационная способность родительских линий подсолнечника с разным типом устойчивости к ложной мучнистой росе // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 174. С. 79–91. DOI: 10.21515/1990-4665-174-009.

## REFERENCES

- Goloshchapova N.N., Goncharov S.V., Samelyk E.G. Downy mildew: infection, symptoms and resistance of sunflower to the disease agent. *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta = Scientific Journal of KubSAU*, 2022, no. 175 (1), pp. 56–68. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-175-004.
- Lukomets V.M., Trunova M.V., Demurin Ya.N. Modern trends in breeding and genetic improvement of sunflower varieties and hybrids at VNIIMK. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, no. 25 (4), pp. 388–393. (In Russian). DOI: 10.18699/vj21.042.
- Maslienko L.V., Araslanova N.M. Method of artificial inoculation of sunflower seedlings with downy mildew pathogen to determine the effectiveness of laboratory samples of microbiological preparations based on antagonist strains. *Maslichnie kulturi = Oil Crops*, 2022, no. 3 (191), pp. 67–72. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608x-2022-3-191-67-73.
- Goloshchapova N.N., Goncharov S.V., Savchenko V.D., Ivezbor M.V. Development of sunflower fertility restorer lines with resistant to the prevalent in the Krasnodar region races of downy mildew. *Maslichnie kulturi = Oil Crops*, 2019, no. 3 (179), pp. 3–10. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-3-10.
- Ivezbor M.V., Antonova T.S., Araslanova N.M., Saukova S.L., 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-Vostochnaya*.

- stoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2022, no. 23 (1), pp. 90–97. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97.
6. Gilley M.A., Gulya T.J., Seiler G.J., Misar C.G., Markell S.G. Determination of virulence phenotypes of *plasmopara halstedii* in the United States. *Plant Disease*, 2020, no. 104 (11), pp. 2823–2831. DOI: 10.1094/pdis-10-19-2063-re.
7. Gontcharov S.V., Korotkova T.S., Goloschapova N.N., Nesmyslenov A.P. Shuttle breeding in sunflower lines development. *Helia*, 2021, no. 44 (75), pp. 125–130. DOI: 10.1515/helia-2021-0011.
8. Goloshchapova N.N., Goncharov S.V. Thermogirogramm application in sunflower breeding for horizontal resistance to downy mildew. *Maslichnie kulturi = Oil crops*, 2020, no. 1 (181), pp. 21–30. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608x-2020-1-181-21-30.
9. Gontcharov S.V., Goloschapova N.N. Evaluation of horizontal resistance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to downy mildew (*Plasmopara halstedii*). *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 2021, vol. 28, pp. 1–6. DOI: 10.1051/ocl/2021047.
10. Goloshchapova N.N., Goncharov S.V., Samelik E.G. General and specific combinational ability of sunflower parental lines with different types of resistance to downy mildew. *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Scientific Journal of KubSAU*, 2021, no. 174, pp. 79–91. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-174-009.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**✉ Мерк Л.Б.**, заведующая отделом;  
**адрес для переписки:** Казахстан, 070512,  
Восточно-Казахстанская область, п. Опытное Поле, ул. Нагорная, 3; e-mail: ariva8881@mail.ru

**Губарева Н.С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель филиала

**Николаева В.Н.**, научный сотрудник

**Доланбаева Г.Т.**, научный сотрудник

**Дидоренко С.В.**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией

## AUTHOR INFORMATION

**✉ Larisa B. Merk**, Department Head; **address:** 3, Nagornaya St., Optynoe Pole, East Kazakhstan Region, 070512, Kazakhstan; e-mail: ariva8881@mail.ru

**Natalya S. Gubareva**, Candidate of Science in Agriculture, Branch Manager

**Valentina N. Nikolaeva**, Researcher

**Gulsain T. Dolanbaeva**, Researcher

**Svetlana V. Didorenko**, Candidate of Science in Biology, Laboratory Head

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.05.2023

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.09.2023

Дата публикации / Published 15.12.2023