

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-11-16>
УДК 635.63:631.547.52:577.2

Д.Д. Теплякова*

ООО "Гибрид"

Россия, Краснодарский край,
м.р-н Крымский, с. п. Пригородное,
х. Армянский, ул. Горького, д. 2

*Автор для переписки: dorogina.d@gmail.com

Конфликт интересов. Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Теплякова Д.Д.

Эффективность ПЦР-маркера F311 гена SGR при оценке устойчивости линий огурца к ложной мучнистой росе (*Pseudoperonospora cubensis*). *Овощи России*. 2023;(6):11-16.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-11-16>

Поступила в редакцию: 15.09.2023

Принята к печати: 11.10.2023

Опубликована: 04.12.2023

Daria D. Teplyakova*

LLC "Hybrid"

Gorky St. 2, khutor Armyanskiy,
v. Prigorodnoye, Krymsky district,
Krasnodar region, Russia

*Correspondence: dorogina.d@gmail.com

Conflict of interest. The author declare
that there is no conflicts of interest.

For citation: Teplyakova D.D. Efficiency of PCR marker F311 of the SGR gene in assessing the resistance of cucumber lines to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(6):11-16. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-11-16>

Received: 15.09.2023

Accepted for publication: 11.10.2023

Published: 04.12.2023

Эффективность ПЦР-маркера F311 гена SGR при оценке устойчивости линий огурца к ложной мучнистой росе (*Pseudoperonospora cubensis*)



Резюме

Актуальность. Ложная мучнистая роса (ЛМР), вызываемая *Pseudoperonospora cubensis*, является серьезной проблемой при выращивании огурца как в открытом, так и в защищенном грунте. Одним из самых эффективных методов борьбы с ЛМР является выращивание генетически устойчивых гибридов. Для создания, которых в селекционную работу необходимо включать генетические маркеры, ускоряющие и увеличивающие точность отбора. Генетический маркер F311 гена SGR обеспечивает устойчивость к разрушению хлорофилла, что позволяет значительно снизить темпы развития ложной мучнистой росы, а также сохранить рост и развитие растений.

Материал и методы. В 2021-2022 годах в Крымском селекционном центре в весеннем обороте в открытом грунте изучили родительские линии огурцов. Всего было изучено 39 образцов. Оценили их устойчивость к ложной мучнистой росе на естественном инфекционном фоне по 5-ти бальной шкале. В качестве стандартов были выбраны гибриды: St устойчивости Феникс+, St восприимчивости – F₁ Чайковский, набравший максимальный балл поражения при визуальной оценке. Весь изучаемый материал проверили на наличие гена устойчивости к разрушению хлорофилла SGR при помощи ПЦР-анализа с использованием маркера F311.

Результаты. Эффективность работы маркера F311 (SGR), в условиях данного опыта, составила 87,2%. Эффективность применения маркера F311 (SGR) для оценки устойчивости к ЛМР – 84,6%. По результатам опыта можно сделать вывод, что использование маркера F311 (SGR) позволит значительно ускорить процесс отбора и создания устойчивых к ЛМР гибридов с комплексом хозяйственно ценных признаков.

Ключевые слова: естественный инфекционный фон, *Pseudoperonospora cubensis*, генетические маркеры, устойчивость к разрушению хлорофилла, родительские линии, огурец

Efficiency of PCR marker F311 of the SGR gene in assessing the resistance of cucumber lines to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)

Abstract

Relevance. Downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) is a serious problem when growing cucumber both in open and protected ground. One of the most effective methods of combating *Pseudoperonospora cubensis* is the cultivation of genetically resistant hybrids. To create them, it is necessary to include genetic markers in breeding work that speed up and increase the accuracy of selection. The F311 genetic marker of the SGR gene provides resistance to the destruction of chlorophyll, which can significantly reduce the rate of development of downy mildew, as well as preserve the growth and development of plants.

Material and methods. In 2021-2022, at the Crimean Breeding Center, parental lines of cucumbers were studied in spring rotation in open ground. A total of 39 samples were studied. Their resistance to downy mildew against a natural infectious background was assessed on a 5-point scale. Hybrids were chosen as standards: St resistance – Phoenix+, St susceptibility – F₁ Tchaikovsky, which scored the maximum damage score during visual assessment.

All studied material was tested for the presence of the SGR gene for resistance to chlorophyll destruction using PCR analysis using the F311 marker.

Results. The operating efficiency of the F311 (SGR) marker under the conditions of this experiment was 87.2%. And the efficiency of using the F311 (SGR) marker for assessing resistance to *Pseudoperonospora cubensis* is 84.6%. Based on the results of the experiment, we can conclude that the use of the F311 (SGR) marker will significantly speed up the process of selection and creation of hybrids resistant to *Pseudoperonospora cubensis* with a complex of economically valuable traits.

Keywords: natural infectious background, downy mildew, *Pseudoperonospora cubensis*, genetic markers, resistance to chlorophyll destruction, parental lines, cucumber

Введение

Одним из самых распространенных и вредоносных заболеваний огурца является ложная мучнистая роса (пероноспороз). Возбудитель – оомицет *Pseudoperonospora cubensis* Rostowz.

Ежегодно эпифитотия ложной мучнистой росы угрожает производству огурца в более чем 80 странах мира [1].

При высоком инфекционном фоне, потери урожая могут составлять от 30 до 70 %, в зависимости от условий года, выращиваемых сортов и гибридов, от сроков появления болезни относительно стадии развития растений и т.д.

Заболевание визуально проявляется в виде желто-зеленых угловатых сухих пятен, распространяющихся по всей поверхности листа. Хлорофилл разрушается и листья приобретают бронзоватый буро-коричневый цвет, высыхают и рассыпаются [1,2,3].

Для интенсивного развития заболевания, в период спороношения пероноспоровых грибов требуется высокая влажность воздуха. Рассеиванию зооспор больше благоприятствует сухая погода, а для их прорастания и заражения необходима влага. Для развития

пероноспороза достаточно наличие росы, которая выпадает ночью и ранним утром. Поэтому возбудитель может поражать огурец в районах и с засушливым климатом [2,4,5].

Большое влияние оказывает температурный режим, обильное образование зооспор и наиболее короткий инкубационный период наблюдаются при сочетании среднесуточной температуры 18-26°C и наличия росы на листьях в течение 3-4 ч. Температура выше 30°C ограничивает развитие болезни. Наиболее благоприятные условия для развития заболевания – большой перепад температуры с низкими температурами в ночной период и с высокими – в дневной [1,3,5,6].

Самым распространенным способом борьбы с заболеванием является использование фунгицидов. А самым перспективным, эффективным, экономически выгодным и экологичным является использование устойчивых сортов и гибридов [7].

Значительная работа, направленная на изучение, поиск и создание устойчивых к пероноспорозу сортов и гибридов, проводится в разных странах.

Учеными ВИР и его филиалов проведен многолетний скрининг коллекции огурца по устойчивости к лож-



Рис. 1. а – образец без устойчивости к разрушению хлорофилла; б – образец с устойчивостью к разрушению хлорофилла
Fig. 1. a – sample without resistance to chlorophyll destruction; b – sample with resistance to chlorophyll destruction

ноймучнистой росе. На базе Крымской и Майкопской опытных станций – в период с 1985 по 2005 годы проанализировано свыше 4200 образцов огурца из мировой коллекции ВИР, включая новые сорта и гибриды отечественной и зарубежной селекции. В результате этих исследований установлено, что число устойчивых и относительно устойчивых образцов составляет от 1,2% до 5,0% от общего, и сделан вывод об отсутствии образцов полной устойчивостью к ложной мучнистой росе. В популяции огурца нет генотипов с полной вертикальной устойчивостью [7].

Осложняет задачи селекции необходимость сосредоточить в одном генотипе устойчивость к ЛМР, которая имеет рецессивный характер наследования (контролируется тремя генами *dm* (*downy mildew*), *dm1.1*, *dm5.1*, *dm5.3*, расположенных в разных хромосомах) и требуемый комплекс хозяйственно ценных признаков [5,6].

Также активно ведется селекционная работа с геном SGR (*stay green resistance*), который кодирует белок *senescence-inducible chloroplast stay-green protein*, участвующий в процессе разрушения хлорофилла в хлоропластах [8].

Изначально ген SGR обеспечивает желтую окраску листьев, разрушая зеленый пигмент хлорофилл, в результате чего становятся видимыми желтые пигменты каротиноиды. А мутации, выводящие ген из строя (так же, как и выключение этого гена методом РНК-интерференции) приводят к тому, что при старении листьев или созревании семян хлорофилл не разрушается и они сохраняют зеленую окраску. Ген широко известен и используется не только в культуре огурца, но и у других культур, например, фасоли, кукурузы, риса, садового гороха, арабидопсиса и т.д [9,10].

Устойчивость к разрушению хлорофилла позволяет значительно снизить темпы развития ложной мучнистой росы, обеспечивает рост и развитие растений, а также сохраняет и продлевает период плодоношения [8,11,12].

Использование генетического маркера F311, позволяющего определить наличие мутации SGR в генотипе, позволяет значительно ускорить селекционный процесс отбора устойчивых и более продуктивных образцов (рис. 1).

Материалы и методы

В 2021-2022 годах на базе Крымского селекционного центра в весеннем обороте в открытом грунте был заложен опыт по изучению и оценке устойчивости к ложной мучнистой росе родительских линий огурца на естественном инфекционном фоне и определению эффективности работы маркера F311.

Устойчивость к ложной мучнистой росе оценивали по методикам, предложенным отделом иммунитета ВИР для овощных культур, используя шкалу устойчивости в баллах, где:

- 0 – поражение отсутствует – иммунитет;
- 0,1 балл – единичные признаки болезни; – устойчивость;
- 1 балл – среднее поражение (поражено около 25% поверхности листьев) – относительная устойчивость;
- 2 балла – сильное поражение (поражено до 50% поверхности листьев) – восприимчивость;

3 балла – очень сильное поражение, вызывающее гибель растений – сильная восприимчивость [11,13].

Оценку устойчивости проводили индивидуально по каждому растению и затем вычисляли среднее по образцу. Всего было изучено 39 образцов, из них 37 родительских линий и 2 стандарта: St устойчивости Феникс + не пораженный ЛМР, по результатам ПЦР анализа устойчивый к разрушению хлорофилла и сохранивший зеленую окраску листьев до конца вегетации, и St восприимчивости F1 Чайковский – восприимчивый, почти 50% поверхности листьев были поражены ЛМР, было отмечено так же пожелтение листьев. Гибрид голландской компании Райк Цваан (Rijk Zwaan).

Для расчета эффективности работы маркера F311 сопоставили и рассчитали отношение результатов ПЦР-анализа, показавшего количество образцов с наличием мутации SGR в генотипе, и результаты визуальной оценки устойчивости образцов к разрушению хлорофилла.

А для определения эффективности применения маркера F311 для оценки устойчивости к ЛМР рассчитали отношение результатов ПЦР-анализа и результаты визуальной оценки поражения ЛМР на естественном фоне.

Результаты и их обсуждение

Из изученных тридцати девяти образцов у двадцати одного, включая стандарт St Феникс+, по результатам ПЦР-анализа есть устойчивость к разрушению хлорофилла (номера с 1 по 20 и 39 (табл. 1). У восемнадцати образцов со стандартом St F₁ Чайковский такая устойчивость отсутствует.

При визуальной оценке у двадцати четырех образцов в течении вегетационного периода оставалась зеленой окраска листьев, из них у двадцати образцов результат ПЦР-анализа показал наличие устойчивости (аллель R).

Сохранение хлорофилла способствовало сдерживанию развития ложной мучнистой росы. В данной группе максимальный балл поражения ЛМР составил 2,3 балла у образца 8157-20 (№20), листья сохраняли зеленую окраску, но очаги поражения достаточно быстро развивались в виде сухих коричневых хлоротичных пятен, и также не было роста и развития основного стебля и боковых побегов, что привело к достаточно быстрому высыханию и гибели растений.

У четырех образцов с листьями, сохранившими зеленую окраску, по результатам ПЦР-анализа отсутствует ген устойчивости к разрушению хлорофилла – идентифицирован аллель S (№№ 35-38) из них у двух образцов 9474-20 и 6914-20 индекс развития болезни равен 0,8 баллам, признаки поражения были слабыми или отсутствовали. Предположительно, у данных образцов устойчивость к ЛМР контролируется сочетанием нескольких основных рецессивных генов *dm*. Таким образом, генетический фон гена SGR с аллелем S является хорошим «проявителем» наличия нескольких генов *dm* вместе. К данным образцам уделено особое внимание, так как если в последующих испытаниях предположение подтвердится, то данные линии будут ценным источником генетической устойчивости к ЛМР в селекционном процессе.

Таблица 1. Устойчивость родительских линий к ЛМР и эффективность работы маркера F311
(Селекционный центр г. Крымск, 2021–2022 годы)

Table 1. Resistance of parental lines to *Pseudoperonospora cubensis* and the effectiveness of the F311 marker. (Selection center Krymsk, 2021–2022)

№	Названия	Окраска листьев	ПЦР-анализ SGR	Визуальная оценка ЛМР, балл			Урожайность, кг/м ²		
				2021 год	2022 год	средний	2021 год	2022 год	средняя
1	St Феникс +	зеленый	R	0,0	0,0	0,0	4,5	6,6	5,5
2	11612-20	зеленый	R	0,0	0,5	0,3	5,8	7,6	6,7
3	2773-20	зеленый	R	0,5	0,5	0,5	6,0	8,1	7,1
4	2124-20	зеленый	R	1,0	0,5	0,8	4,9	7,8	6,4
5	2095-19	зеленый	R	1,0	1,0	1,0	5,7	7,9	6,8
6	2096-20	зеленый	R	1,0	1,0	1,0	5,3	7,8	6,6
7	11597-20	т-зеленый	R	1,0	1,5	1,3	6,3	7,9	7,1
8	2781-19	зеленый	R	1,5	1,0	1,3	5,9	7,6	6,8
9	5614-19	зеленый	R	1,5	1,0	1,3	5,2	7,7	6,5
10	2067-20	зеленый	R	1,5	1,0	1,3	5,1	7,8	6,5
11	2097-19	зеленый	R	1,0	1,5	1,3	5,1	6,9	6,0
12	2759-20	зеленый	R	1,5	1,5	1,5	5,1	7,1	6,1
13	8159-18	зеленый	R	2,0	1,0	1,5	3,8	6,9	5,4
14	2768-20	зеленый	R	2,0	1,5	1,8	4,0	7,1	5,6
15	5651-19	зеленый	R	2,0	1,5	1,8	3,5	7,4	5,5
16	1940-18	зеленый	R	2,0	1,5	1,8	3,8	8,0	5,9
17	7016-20	зеленый	R	2,0	1,5	1,8	4,3	7,1	5,7
18	9471-20	зеленый	R	1,5	2,0	1,8	3,3	7,1	5,2
19	8158-19	зеленый	R	2,0	1,5	1,8	3,9	5,5	4,7
20	8157-20	зеленый	R	2,5	2,0	2,3	3,5	6,5	5,0
21	St F ₁ Чайковский	желтый	S	3,0	2,5	2,8	4,1	5,8	5,0
22	1264-17	желтый	S	1,5	2,0	1,8	4,3	5,9	5,1
23	9485-19	желтый	S	2,0	1,5	1,8	4,9	5,1	5,0
24	9478-18	желтый	S	2,0	2,0	2,0	4,9	5,4	5,2
25	2139-20	желтый	S	2,0	2,5	2,3	3,8	4,4	4,1
26	6864-20	желтый	S	2,5	2,0	2,3	3,3	5,4	4,4
27	4407-20	желтый	S	3,0	2,0	2,5	3,1	5,1	4,1
28	2092-19	желтый	S	3,0	2,0	2,5	2,3	4,2	3,3
29	1339-17	желтый	S	3,0	2,0	2,5	2,1	4,8	3,5
30	1242-17	желтый	S	2,5	3,0	2,8	3,9	4,6	4,3
31	2077-20	желтый	S	3,5	2,0	2,8	1,4	3,1	2,3
32	7000-20	желтый	S	3,0	3,0	3,0	2,9	4,9	3,9
33	5709-17	желтый	S	3,5	2,5	3,0	1,1	2,1	1,6
34	6978-20	желтый	S	3,0	3,5	3,3	2,6	2,8	2,7
35	9474-20	зеленый	S	1,0	0,5	0,8	3,2	7,8	5,5
36	6914-19	зеленый	S	1,0	0,5	0,8	5,4	8,3	6,9
37	6960-20	зеленый	S	2,0	1,5	1,8	4,5	7,1	5,8
38	1989-20	зеленый	S	2,0	2,0	2,0	2,4	6,8	4,6
39	7638-18	желтый	R	1,0	1,0	1,0	3,9	5,4	4,7

У пятнадцати образцов листья пожелтели, из них у четырнадцати отсутствует устойчивость к разрушению хлорофилла, а у одного образца (№ 39) развитие поражения ЛМР началось в конце вегетационного периода, и максимально было оценено 1 баллом, но растения развивались слабо и были угнетены, данный образец также включён в даль-

нейшие испытания для изучения характера его устойчивости. Возможно, тут имело место обратное сочетание генов: устойчивый *SGR-R* и все гены восприимчивости *Dm.*, следовательно, полевая устойчивость огурца к ЛМР, обусловленная геном *SGR-R* значительно превосходит таковую, на основе нескольких генов *dm* [14, 15].

Таблица 2. Визуальная оценка окраски листьев и данные ПЦР – анализа маркера F311
Table 2. Visual assessment of leaf color and PCR data – analysis of the F311 marker

№	Визуальная оценка окраски листьев	ПЦР-анализ (ген SGR) (количество образцов)		Всего
		R	S	
1	Желтый	1	14	15
2	Зеленый	20	4	24
	Всего	22	17	39

Из общего числа образцов лишь у пяти не совпали результаты визуальной оценки и результаты ПЦР анализа (табл. 2). Возможно, из-за обратного сочетания с генами *dm*. Эффективность работы маркера F311 составила: $34/39 \cdot 100 = 87,2\%$. Применение в селекционной работе данного маркера позволит значительно ускорить и упростить отбор материала с большим потенциалом, более жизнеспособных и стрессоустойчивых образцов.

По результатам визуальной оценки поражения ЛМР все образцы можно разделить на три группы (табл. 3).

ные - сдерживающие развитие ЛМР.

В третьей группе, у оставшихся 14 образцов (№№ 20, 21, 24-34 и 38) было отмечено достаточно сильное поражение ЛМР (от 2 и выше баллов) – их выделили как неустойчивые.

Сопоставив данные визуальной оценки поражения ЛМР и ПЦР анализа, определили, что эффективность работы маркера в условиях данного опыта составляет $(7+13+13)/39 = 84,6\%$, что довольно высоко и подтверждает большую эффективность гена SGR относительно комплекса генов *dm*.

Эффективность высокая, применение маркера

Таблица 3. Визуальная оценка устойчивости к ЛМР и данные ПЦР – анализа маркера F311
Table 3. Visual assessment of resistance to *Pseudoperonospora cubensis* and data from PCR analysis of the F311 marker

№	Визуальная оценка поражения ЛМР	ПЦР- анализ (ген SGR) (количество образцов)		Всего
		R	S	
1	Устойчивые	7	2	9
2	Толерантные	13	3	16
3	Неустойчивые	1	13	14
	Всего	21	18	39

В первой группе у 9 образцов (№№ с 1 по 6 и 35, 36) поражение ЛМР отсутствует или очень слабое от 0 до 1 балла. Из данной группы только у 6 образцов (St Феникс +, 11612-20, 2773-20, 2124-20, 2095-19 и 2096-20) ПЦР – анализ показал наличие устойчивости к разрушению хлорофилла, их отметили как устойчивые.

Во второй группе (№№ 7-19 и 35-37) у шестнадцати образцов было отмечено поражение от 10 до 25% поверхности листьев (1,3-1,8 баллов), из них у трех (№№ 35-37) отсутствует устойчивость к разрушению хлорофилла по данным ПЦР-анализа, а, по визуальной оценке, только у двух линий пожелтели листья. Тринадцать образцов с сохранившейся окраской листа и наличием гена устойчивости к разрушению хлорофилла отметили как толерант-

позволит увеличить скорость отбора устойчивых образцов к ЛМР.

Также на всех делянках был проведен учет урожая, за период вегетации было сделано 7 сборов. Более высокий уровень урожайности был у образцов, устойчивых к ЛМР и сохранивших зеленую окраску листьев. Средняя урожайность устойчивых образцов составила $6,03 \text{ кг/м}^2$, а у неустойчивых образцов – $3,87 \text{ кг/м}^2$, что на 36% ниже (табл. 1).

По результатам исследований можно сделать вывод, что использование маркера гена **SGR** позволит значительно ускорить процесс отбора и создания устойчивых к ЛМР, более стрессоустойчивых и продуктивных гибридов.

• Литература

1. Ахатов А.К. Мир огурца глазами фитопатолога. М.: Тов-во науч. Изданий «КМК», 2020. С. 166-171.
2. Обручков А.Ю. Новые партенокарпические гибриды огурца, слабо-восприимчивые к ложной мучнистой росе. *Овощи России*. 2018;(5):95-97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-95-97>. EDN YPELZJ.
3. Борасулов А.М. Селекционная линия огурца с-25/2 устойчивая к ложной мучнистой росе. Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях: материалы международной научно-практической конференции /сост. Н.А. Щербакова / с. Соленое Займище. ФГБНУ «ПНИИАЗ». Соленое Займище, 2017. С. 405-407.
4. Чистякова Л.А., Бирюкова Н.К. Оценка селекционных линий огурца на устойчивость к пероноспорозу и мучнистой росе. *Гаурш*. 2012;(1):38-41. EDN OOOZLMD.
5. Налобова В.Л. Ложная мучнистая роса (пероноспороз) тыквенных культур/ *Овощеводство*. 2022;(25):79-86. <https://veget.belab.by/jour/article/view/14>
6. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. С. 404-405.
7. Суханбердина Э.Х., Грушин А.А., Пискунова Т.М. Скрининг коллекции огурца по устойчивости к ложной мучнистой росе в зоне нижнего Поволжья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(2):102-108. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-102-108>. EDN NDVAFG.
8. Коротцева И.Б. Устойчивость огурца к ложной мучнистой росе в условиях Нечерноземной зоны РФ. *Овощи России*. 2020;(6):116-119. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-116-119>. EDN DZJGVY.
9. Davis J., Myers J.R., McClean P., Lee R. Staygreen (SGR), a candidate gene for the persistent color phenotype in common bean. *ISHS Acta Horticulturae 859: International Symposium on Molecular Markers in Horticulture*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.859.10>.
10. Xu W., Rosenow D. T., Nguyen H. T. Stay green trait in grain sorghum: relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. *Plant Breeding*. 2000;119(4):365-367. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2000.00506.x>
11. Lebeda A., Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) – biology, ecology, epidemiology, hostpathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. 2011;129(2):157-192. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9658-1>
12. Налобова В.Л. Селекция огурца на устойчивость к болезням. Мн.: Белпринт, 2005. 200 с.
13. Маслиенко 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. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2014;2(159-160):156-162. – EDN. TJFWSL.
14. Kang S.-I., Hwang I., Goswami G., Jung H.-J., Nath U.K., Yoo H.-J., Lee J.M., Nou I.S. Molecular Insights Reveal Psy1, SGR, and SIMYB12 Genes are Associated with Diverse Fruit Color Pigments in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Molecules*. 2017;22(12):2180. <https://doi.org/10.3390/molecules22122180>
15. Park S.-Y., Yu J.-W., Park J.-S., Li J., Yoo S.-Ch., Lee N.-Y., Lee S.-K., Jeong S.-W., Seo H. S., Koh H.-J., Jeon J.-S., Park Y.-I., Paek N.-Ch. The Senescence-Induced Staygreen Protein Regulates Chlorophyll Degradation. *The Plant Cell*. 2007;19(5):1649–1664. <https://doi.org/10.1105/tpc.106.044891>

• References

1. Akhatov A.K. The world of cucumber through the eyes of a plant pathologist. M.: Scientific Society. Publications "KMK", 2020. pp. 166-171. (In Russ.)
2. Obruchkov A.Yu. New parthenocarpic cucumber hybrids tolerant to downy mildew. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):95-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-95-97>. EDN YPELZJ.
3. Borasulov A.M. The cucumber selection line s-25/2 is resistant to downy mildew. Prospects for the development of science and education in modern environmental conditions: materials of the international scientific and practical conference. Solenoe Zaimishche, 2017. P. 405-407. (In Russ.)
4. Chistyakova L.A., Biryukova N.K. Evaluation of breeding lines in cucumber resistance to peronosporosis and powdery mildew. *Gavrish*. 2012;(1):38-41. EDN OOOZLMD. (In Russ.)
5. Nalobova V.L. Downy mildew (*Peronospora cubensis*) of pumpkin crops. *Vegetable Growing*. 2017;(25):79-86. (In Russ.)
6. Litvinov S.S. Methodology of field experiment in vegetable growing. M., 2011. P. 404-405. (In Russ.)
7. Sukhanberdina E.H., Grushin A.A., Piskunova T.M. Screening of the cucumber collection for resistance to downy mildew in the Lower Volga region. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(2):102-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-102-108>. EDN NDVAFG.
8. Korottseva I.B. Cucumber resistance to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in the Non-Black earth zone of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):116-119. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-116-119>. EDN DZJGVY.
9. Davis J., Myers J.R., McClean P., Lee R. Staygreen (SGR), a candidate gene for the persistent color phenotype in common bean. *ISHS Acta Horticulturae 859: International Symposium on Molecular Markers in Horticulture*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.859.10>.
10. Xu W., Rosenow D. T., Nguyen H. T. Stay green trait in grain sorghum: relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. *Plant Breeding*. 2000;119(4):365-367. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2000.00506.x>
11. Lebeda A., Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) – biology, ecology, epidemiology, hostpathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. 2011;129(2):157-192. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9658-1>
13. Maslienko L.V., Araslanova N.M., Kovchigina M.A. Search of optimal method of artificial inoculation of sunflower with downy mildew pathogen with purpose to determine efficiency of test samples of microbiopreparations. *Oil crops*. 2014;2(159-160):156-162. EDN. TJFWSL. (In Russ.)
14. Kang S.-I., Hwang I., Goswami G., Jung H.-J., Nath U.K., Yoo H.-J., Lee J.M., Nou I.S. Molecular Insights Reveal Psy1, SGR, and SIMYB12 Genes are Associated with Diverse Fruit Color Pigments in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Molecules*. 2017;22(12):2180. <https://doi.org/10.3390/molecules22122180>
15. Park S.-Y., Yu J.-W., Park J.-S., Li J., Yoo S.-Ch., Lee N.-Y., Lee S.-K., Jeong S.-W., Seo H. S., Koh H.-J., Jeon J.-S., Park Y.-I., Paek N.-Ch. The Senescence-Induced Staygreen Protein Regulates Chlorophyll Degradation. *The Plant Cell*. 2007;19(5):1649–1664. <https://doi.org/10.1105/tpc.106.044891>

Об авторе:

Дарья Дмитриевна Теплякова – научный сотрудник, селекционер, <https://orcid.org/0009-0003-3621-6292>, автор для переписки, dorogina.d@gmail.com

About the Author:

Daria D. Teplyakova – Researcher, Laboratory of Pumpkin Crops, <https://orcid.org/0009-0003-3621-6292>, Correspondence Author, dorogina.d@gmail.com