

ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ К ПЕРОНОСПОРОЗУ ОБРАЗЦОВ КАБАЧКА
КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Т. М. Пискунова

ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44,
E-mail: tmpiskunova@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.06.2023, принята к печати 31.08.2023

Пероноспороз (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) Rostovzev) является одним из наиболее вредоносных заболеваний кабачка. Цель данного исследования – оценить образцы кабачка коллекции ВИР на устойчивость к ложной мучнистой росе и выделить новый исходный материал для создания устойчивых сортов. 36 образцов кабачка были протестированы в полевых условиях Пушкинских лабораторий ВИР в годы естественных эпифитотий (2019–2021 гг.). Полевая оценка не выявила генотипов иммунных или с очень высокой устойчивостью. Высокой устойчивостью характеризовались Emerald Delight Zucchini и Dirani Lebanese из США со средним баллом поражения 0,87–1 и степенью развития болезни 21,7–25%. Среднеустойчивыми являлись Marcella F₁, Poseidon Hybrid из Нидерландов, Concordia SQ 10473 из Франции, Pascal F₁ из Испании и Чародей F₁, Поваренок, Дядя Федор из России – средний балл поражения от 1 до 2, степень развития болезни от 30,8 до 50%. Изученные образцы характеризовались существенной изменчивостью по урожайности (CV = 20,4–29%). Регрессионный анализ выявил отрицательную взаимосвязь между показателями «средний балл поражения» и «урожайность» у генотипов кабачка: заметная связь ($r = -0,648$) в 2020 г., умеренная ($r = -0,432$) в 2019 г. и слабая ($r = -0,21$) в 2021 г. Толерантностью к пероноспорозу и формированием высокого урожая при сильном поражении растений отличались образцы из США Dark Star, Bush Zucchini, Garden Spineless и местный образец к-5534 из Приморского края. Наблюдалась высокая корреляционная связь ($r = 0,96$) между степенью развития болезни и среднесуточной температурой воздуха в период распространения заболевания.

Ключевые слова: кабачок, устойчивость к пероноспорозу, урожайность, исходный материал.

FIELD EVALUATION OF RESISTANCE TO PERONOSPOROSIS OF SUMMER SQUASH SAMPLES OF
VIR COLLECTION

Т. М. Piskunova

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42-44, Bol'shaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia,
E-mail: tmpiskunova@yandex.ru

Downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) Rostovzev) is one of the most harmful diseases of summer squash. The purpose of this study was to evaluate squash varieties from the VIR collection for resistance to downy mildew and to select initial material for breeding new resistant varieties. 36 varieties of summer squash were tested in the field conditions of the VIR Pushkin Laboratories during the years of natural epiphytotic (2019–2021). The field evaluation did not reveal immune or very resistant genotypes. Emerald Delight Zucchini and Dirani Lebanese from the USA were highly resistant with an average lesion score of 0.87–1 and a degree of disease development of 21.7–25%. Marcella F₁, Poseidon Hybrid from the Netherlands, Concordia SQ 10473 from France, Pascal F₁ from Spain and Charodey F₁, Povarenok, Dyadya Fyodor from Russia were moderately resistant with the average lesion score from 1 to 2 and a degree of disease development from 30.8 to 50%. The studied samples were characterized by significant variability in yield (CV = 20.4–29%). Regression analysis revealed a negative correlation between the average damage score and yield of the summer squash genotypes: a noticeable relationship ($r = -0.648$) in 2020, moderate ($r = -0.432$) in 2019 and weak ($r = -0.21$) in 2021. Accessions from the USA (Dark Star, Bush Zucchini, Garden Spineless) and a local accession (k-5534 from Primorsky Krai) were distinguished by tolerance to downy mildew and the formation of a high yield with severe plant damage. There was a high correlation ($r = 0.96$) between the degree of development of the disease and the average daily air temperature during the spread of the disease.

Key words: squash, peronosporosis resistance, yield, source material.

ВВЕДЕНИЕ

Кабачок относится к семейству тыквенные (Cucurbitaceae) и является разновидностью твердокорой тыквы (*Cucurbita pepo* L. var. *giraumonas* Duch.). Плоды кабачка богаты витамином С (18–25 мг %), содержат тиамин (0,03%), рибофлавин (0,03%), фолиевую кислоту (14 мг 100 г⁻¹), каротин (0,5–1,4 мг 100 г⁻¹). Минеральный состав характеризуется наличием солей калия (238 мг 100 г⁻¹), кальция (15 мг 100 г⁻¹), магния (9 мг 100 г⁻¹), фосфора (12 мг 100 г⁻¹) и железа (Солдатенко, Борисов, 2022). В плодах были обнаружены важные с медицинской точки зрения фитоконпоненты, относящиеся в основном к кукурбитозидам, тритерпеноидам и кукурбитагликозидам. Экстракты и метаболиты растения, особенно из его семян, обладают высокой фармакологической активностью, оказывают гепатопротекторное, антиоксидантное, противодиабетическое действие (Salehi et al., 2019).

Относительная устойчивость к пониженным температурам в период прорастания семян и раннее получение продукции позволяют выращивать кабачок во всех сельскохозяйственных зонах России. В нашей стране под кабачком занято 24 тыс. га, что составляет примерно 5% от площадей, занятых под овощными культурами открытого грунта. Средняя урожайность составляет 21,9 т га⁻¹ (Росстат, 2022).

Ложная мучнистая роса является одним из наиболее вредоносных заболеваний кабачка, вызывающим снижение фотосинтетической активности растений и приводящим к значительным потерям урожая. Возбудитель – *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & Curt.) Rostov – имеет широкое географическое распространение и зарегистрирован более чем в 80-ти странах (Colucci, Holmes, 2010). Кроме того, *Ps. cubensis* имеет широкий круг хозяев и поражает около 50-ти видов, относящихся к 20-ти различным родам тыквенных (Lebeda, Urban, 2004; Colucci et al., 2006; Lebeda, Cohen, 2011; Lebeda, Widrechner, 2003). В России ложная мучнистая роса широко распространена на Дальнем Востоке, Кавказе и в областях Центрального федерального округа РФ (Коротцева, 2020).

Симптомы проявления пероноспороза на кабачках – многочисленные угловатые пятна, ограниченные жилками листа. Первичные поражения имеют светло-зеленую окраску и становятся коричневыми, когда клетки растения-хозяина отмирают. Тяжелая инфекция приводит к тому, что листья полностью отмирают и сворачиваются (Colucci, Holmes, 2010). Спороношение и заражение являются двумя решающими стадиями эпидемий ложной мучнистой росы тыквы. Спорангии образуются на нижней стороне пораженных ложной мучнистой росой листьев и в основном разносятся ветром (Lebeda, Cohen, 2011). Инкубационный период от заражения до проявления видимых внешних симптомов в полевых условиях составляет 4–12 дней в зависимости от условий окружающей среды и устойчивости/восприимчивости растения-хозяина (Lebeda, Widrechner, 2003).

Для борьбы с ложной мучнистой росой в Европе используются устойчивые сорта тыквенных культур в сочетании с применением фунгицидов. В США для борьбы со вспышками пероноспороза и предотвращения потерь урожая проводилась агрессивная программа по использованию фунгицидов с опрыскиванием огурцов каждые 5–7 дней и других тыквенных культур каждые 7–10 дней, что в итоге повысило устойчивость к фунгицидам и изменило популяционную генетику патогена (Cohen et al., 2015).

Использование устойчивых сортов позволяет избежать значительных потерь урожая в годы эпифитотий пероноспороза. Трудность создания устойчивых сортов и гибридов обусловлена высокой внутривидовой изменчивостью *P. cubensis* и его способностью быстро преодолевать достигаемый селекцией уровень резистентности исходного материала (Lebeda, Cohen, 2011). Наиболее широко используемые сорта кабачка и тыквы имеют определенный уровень устойчивости к ложной мучнистой росе. Несмотря на то, что сорта с относительной устойчивостью могут быть подвержены заболеванию, начало болезни может быть отсрочено, а сама болезнь может быть менее тяжелой, чем у сортов без устойчивости (Colucci, Holmes, 2010).

Цель данного исследования – оценка образцов кабачка из коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова на устойчивость к пероноспорозу и поиск нового исходного материала для создания устойчивых сортов и гибридов кабачка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований являлись образцы коллекции кабачка ВИР им. Н. И. Вавилова. В исследование включены 36 образцов кабачка различного географического происхождения. Изучение образцов проводилось на полях ННПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург-Пушкин) в 2019–2021 гг. Образцы выращивались в двукратной повторности по 10 растений на делянке. Схема посева 1,0×0,7 м. Исследования проводились на фоне естественных эпифитотий пероноспороза, которые в последние 10 лет наблюдаются практически ежегодно. Визуальная полевая оценка образцов на устойчивость проводилась в период массового распространения болезни согласно методическим указаниям ВИР (Пискунова, 2020). На делянке осматривалось каждое растение, степень его поражения оценивалась в баллах по следующей шкале:

- 0 – поражение отсутствует;
- 1 балл – очень слабое поражение (поражено менее 10% поверхности листьев);
- 2 балла – среднее поражение (поражено около 25% поверхности листьев);
- 3 балла – сильное поражение (поражено до 50% поверхности листьев);
- 4 балла – очень сильное поражение, вызывающее гибель растений.

Средний балл поражения (B) по образцу вычислялся по формуле:

$$B = \Sigma(a \times b) / N,$$

где $\Sigma(a \times b)$ – сумма произведений числа пораженных растений на соответствующий балл поражения; N – число проанализированных растений.

Распространенность болезни (R) определялась по формуле:

$$R = n \times 100 / N,$$

где n – число пораженных растений.

Степень развития болезни (C) определялась по формуле:

$$C = \Sigma(a \times b) \times 100 / N \times 4,$$

где 4 – максимальный балл поражения.

Устойчивость или восприимчивость образцов определялись по степени развития болезни согласно шкале:

менее 10% – очень высокая устойчивость;

10–25% – высокая устойчивость;

26–50% – средняя устойчивость;

51–75% – средняя восприимчивость;

более 75% – высокая восприимчивость.

Математическая обработка полученных данных проводилась с помощью стандартных методов

статистического анализа с использованием пакета программ Excel и Statistica 7.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование образцов кабачка на устойчивость к ложной мучнистой росе в полевых условиях Пушкинских лабораторий ВИР позволило выявить не только эпифитотийное развитие данного заболевания, но и различия по его распространению на коллекциях кабачка по годам. В 2019 г. распространенность болезни составила от 70 до 100%, в среднем – 96,9%; средневзвешенный балл поражения был равен 2,7 и варьировался от 0,9 до 4; степень развития болезни колебалась от 22,5 до 100% и в среднем составила 67,5%. В 2020 г. данные показатели были близки к показателям 2019 г. и составили в среднем: распространенность болезни – 98,8%; балл поражения – 2,8; степень развития болезни – 71,9%. В 2021 г. распространенность заболевания составила в среднем 92,9%, средний балл поражения и степень развития болезни были ниже, чем в предыдущие два года, и составили 1,9 балла и 48,3% соответственно (рис. 1).

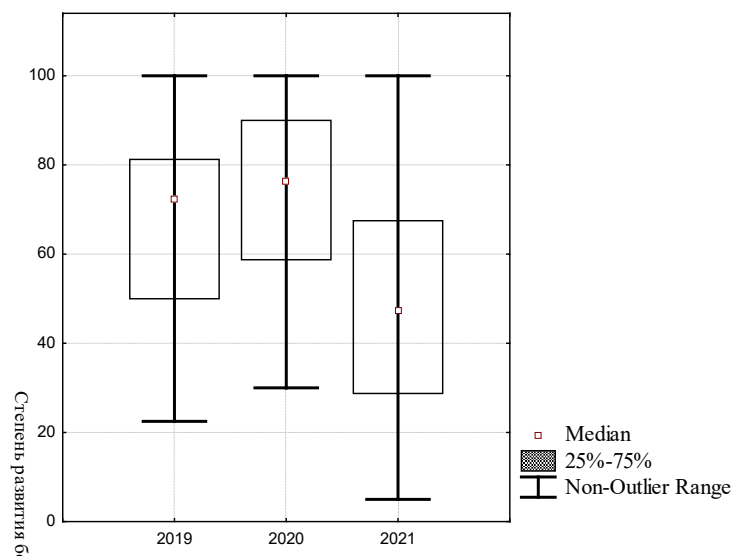


Рис. 1. Степень развития пероноспороза по годам исследования (Пушкин, 2019–2021 гг.)

Первые признаки заражения растений кабачка пероноспорозом в рамках настоящего исследования появлялись в конце второй – начале третьей декады августа, заболевание достигло пика к середине сентября. Показатели температуры и влажности воздуха в данный период различались по годам изучения (рис. 2). В 2019 и 2020 гг. среднесуточная температура воздуха была выше, чем в 2021 г. Высокие показатели влажности воздуха наблюдались в 2020 г., самые низкие – в 2019 г.

Ряд исследователей отмечали, что погодные факторы оказывают значительное влияние на вспышки эпидемий ложной мучнистой росы тыквенных культур, а наиболее важными факторами являются температура и влажность (Agaüz et al., 2010; Neufeld, Ojiambo, 2012). Установлено, что температура воздуха и влажность положительно коррелировали с возникновением и развитием пероноспороза на огурцах, а интенсивность солнечной радиации имела

отрицательную корреляцию с заболеванием (Granke et al., 2014).

В рамках настоящего исследования также наблюдалась высокая взаимосвязь ($r = 0,96$) между степенью развития болезни на кабачках и среднесуточной температурой воздуха в период распространения заболевания (рис. 3). Так, в 2019 г. среднесуточная температура воздуха в указанный период составила 14,3°C (10,4–16,6°C), степень развития болезни – 67,5%; в 2020 г. среднесуточная температура воздуха равнялась 13,9°C (10,4–16,6°C), а степень развития болезни достигла 71,9%. В то же время в 2021 г. среднесуточные показатели температуры воздуха были значительно ниже – 10,7°C (8,8–12,3°C), соответственно, степень развития болезни была более низкой – 48,2%. Значимого влияния влажности воздуха на развитие заболевания не выявлено: между данными показателями наблюдалась очень слабая корреляционная связь ($r = 0,22$).

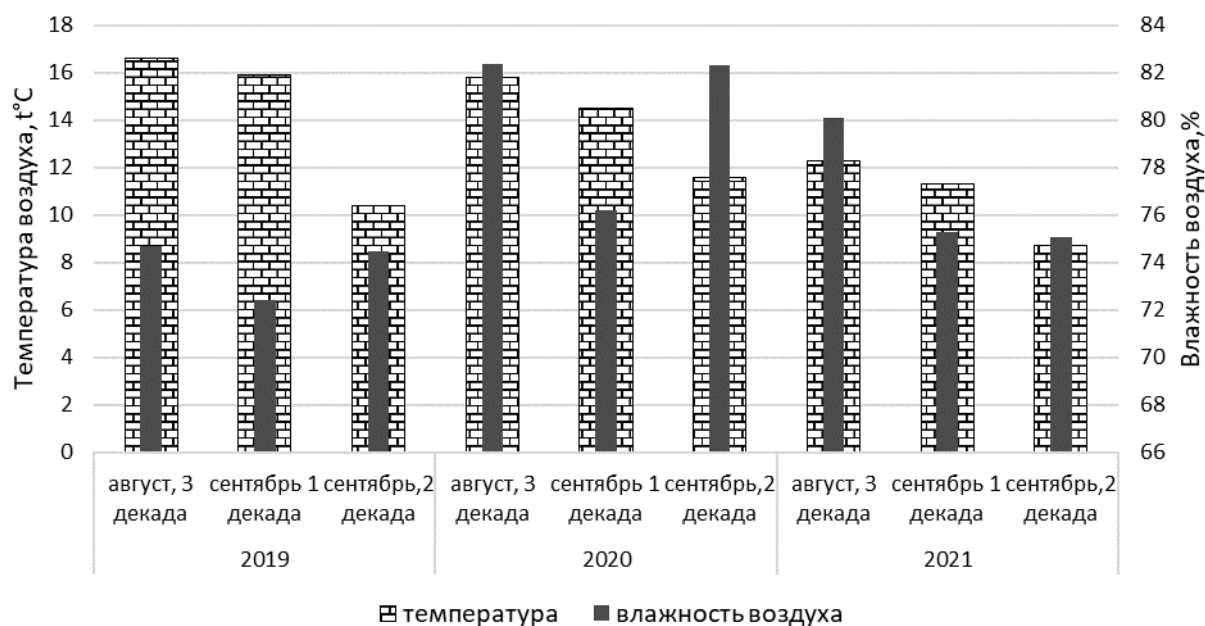


Рис. 2. Температура и влажность воздуха в период развития пероноспороза (2019–2021 гг.)

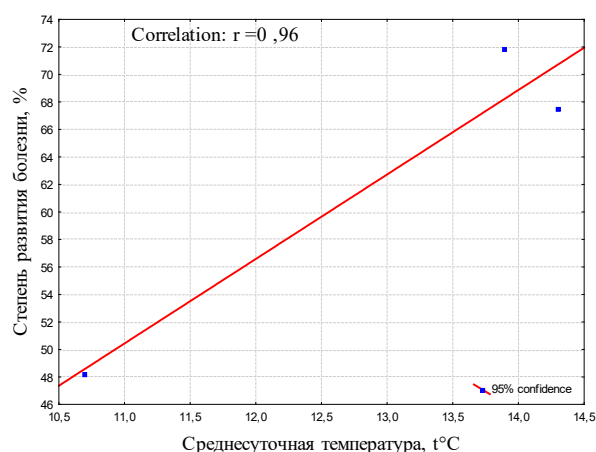


Рис. 3. Зависимость степени развития пероноспороза от температуры воздуха (август–сентябрь 2019–2021 гг.)

Эпифитотии пероноспороза тыквенных культур вызывают существенное (до 40%) снижение урожайности и приводят к значительным экономическим потерям (Lebeda, Widrlechner, 2003; Colucci, Holmes, 2010; Holmes et al., 2015).

При оценке образцов кабачка на устойчивость к пероноспорозу особое внимание уделялось связи

данного признака с урожайностью. Изученные образцы характеризовались существенной изменчивостью по урожайности: коэффициент вариации (CV, %) был наиболее высоким (24,2%) в 2019 г. и составил 20,5% в 2020 и 2021 гг. Образцы были разделены по урожайности на три группы: < 60 кг 10 м⁻²; 60–70 кг 10 м⁻²; > 70 кг 10 м⁻² (табл. 1).

Таблица 1. Степень развития пероноспороза и урожайность

Урожайность, кг 10 м ⁻²	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	число образцов	степень развития болезни, % (mean±Sd)	число образцов	степень развития болезни, % (mean±Sd)	число образцов	степень развития болезни, % (mean±Sd)
< 60	15	79,0±15,3	15	84,7±14,6	29	49,9±25,0
60–70	12	63,9±20,4	9	75,0±12,4	3	32,5±12,9
> 70	9	53,6±24,7	12	54,5±22,8	4	48,1±20,5

Анализ данных таблицы показал различия по степени развития заболевания между группами с разным уровнем урожайности. Образцы с максимальной степенью развития заболевания относились к группе с более низкой урожайностью (менее 60 кг 10 м⁻²). В группе с урожайностью более 70 кг 10 м⁻² степень развития болезни была значительно меньше, за исключением 2021 г. Регрессионный анализ выявил отрицательную корреляционную связь между показателями «средний балл поражения» и «урожайность» у генотипов кабачка (рис. 4). Значения коэффициента корреляции в соответствии со шкалой Чеддока свидетельствовали о заметной связи ($r = -0,65$) в 2020 г., умеренной ($r = -0,43$) в 2019 г. и слабой ($r = -0,21$) в 2021 г.

Некоторые генотипы из изученной коллекции обладали толерантностью к пероноспорозу и формировали высокий урожай на фоне сильного поражения растений. К ним относятся образцы из США Dark Star (к-5530), Bush Zucchini (к-5528), Garden

Spineless (к-5529), средняя урожайность которых составила от 70 до 83 кг 10 м⁻² при степени развития болезни 81,6–84,2%. Высокую толерантность к данному заболеванию показал также местный образец к-5534 из Приморского края.

Полевая оценка образцов кабачка на устойчивость к пероноспорозу не выявила генотипов иммунных или с очень высокой устойчивостью. Высокой устойчивостью характеризовались два образца (5%) из 36-ти изученных: Emerald Delight Zucchini (к-5460) и Dirani Lebanese (к-5532) из США. Средний балл поражения у них составил 0,87–1, степень развития болезни – 21,7–25%. Среднеустойчивыми оказались 7 образцов различного географического происхождения: Marcella F₁ и Poseidon Hybrid из Нидерландов, Concordia SQ 10473 из Франции, Pascal F₁ из Испании и Чародей F₁, Поваренок, Дядя Федор из России. Они имели средний балл поражения от 1 до 2 и степень развития болезни от 30,8 до 50% (табл. 2).

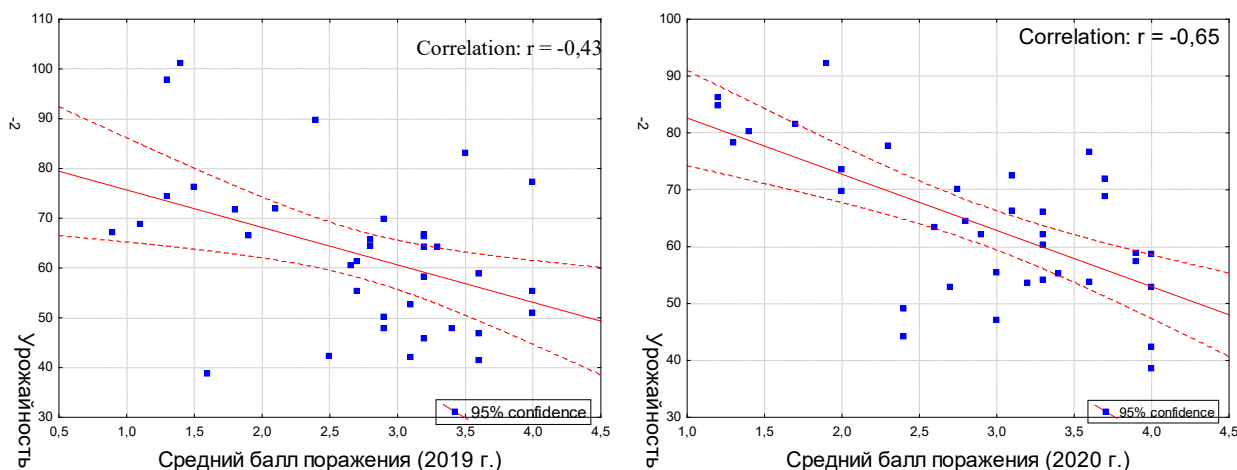


Рис. 4. Регрессионный анализ связи показателей урожайности (Y) и чувствительности к *P. cubensis* (X) генотипов кабачка

Таблица 2. Характеристика устойчивых и среднеустойчивых генотипов кабачка (2019–2021 гг.)

№ по каталогу ВИР	Название образца	Происхождение	Средний балл поражения	Распространенность болезни, %	Степень развития болезни, %
5460	Emerald Delight Zucchini	США	0,87±0,35	73,3±11,55	21,67±8,78
5532	Dirani Lebanese	США	1,0±0,72	63,3±15,75	25,0±18,03
5395	Marcella F ₁	Нидерланды	1,23±0,21	90,0±10,00	30,83±5,20
5393	Concordia SQ 10473	Франция	1,37±0,55	92,63±6,38	34,17±13,77
5412	Чародей F ₁	Россия	1,50±0,44	86,67±15,28	37,5±10,90
5394	Поваренок	Россия	1,63±0,71	93,33±11,55	40,83±17,74
5403	Poseidon Hybrid	Нидерланды	1,77±0,23	100±0	44,17±5,77
5533	Дядя Федор	Россия	2,10±1,45	90,0±17,32	48,75±41,89
5396	Pascal F ₁	Испания	2,0±0,75	100±0	50,0±18,87

Большая часть образцов показала низкую устойчивость к заболеванию. Восприимчивыми оказались 17 образцов (47% от числа изученных) со средним баллом поражения от 2,1 до 2,9 и степенью развития болезни от 52,5 до 74,67%. Очень высокой восприимчивостью (средний балл поражения 3–4, степень развития болезни от 75,8 до 100%) характеризовались 10 образцов.

В изучение были включены образцы из восьми стран. В наибольшем количестве были представлены образцы из США (12 образцов), России и Китая (по семь образцов), Нидерландов (5 образцов). Связи между степенью поражения пероноспорозом и происхождением образцов не выявлено. Среди образцов из США были как высокоустойчивые (степень развития болезни до 25%), так и высоковосприимчивые (степень поражения 94–100%). Российские образцы практически в равном соотношении разделились на среднеустойчивые (степень поражения 37,5–48,7%) и средневосприимчивые (65,8–74,6%). Образцы из Нидерландов оказались в трех группах – среднеустойчивые, средне- и высоковосприимчивые. Среди образцов из Китая устойчивых генотипов не обнаружено.

ВЫВОДЫ

Полевая оценка образцов кабачка на устойчивость к пероноспорозу не выявила генотипов

иммунных или с очень высокой устойчивостью. Высокой устойчивостью характеризовались два образца (5%) из 36-ти изученных: Emerald Delight Zucchini (к-5460) и Dirani Lebanese (к-5532) из США. Средний балл поражения у них составил 0,87-1, степень развития болезни – 21,7-25 %.

Отмечены различия по степени развития заболевания между группами с разным уровнем урожайности. Регрессионный анализ выявил отрицательную корреляцию между показателями «средний балл поражения» и «урожайность» у генотипов кабачка.

Образцы из США Dark Star (к-5530), Bush Zucchini (к-5528), Garden Spineless (к-5529) и местный образец к-5534 из Приморского края показали толерантность к пероноспорозу, они формировали высокий урожай (от 70 до 83 кг 10 м⁻²) на фоне сильного поражения растений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту FGEM-2022-0003 «Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур коллекции ВИР: эффективные пути раскрытия эколого-генетических закономерностей формирования разнообразия и использования селекционного потенциала».

Список литературы

- Коротцева И. Б. Устойчивость огурца к ложной мучнистой росе в условиях Нечерноземной зоны РФ // Овощи России. 2020. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-6-116-119
- Пискунова Т. М. Изучение и поддержание в живом виде мировой коллекции тыквы, кабачка, патиссона, крукнека (методические указания). СПб.: ВИР, 2020. 48 с.
- Росстат, электронный ресурс: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 28.03.2023 г.).
- Солдатенко А. В., Борисов В. А. Экологическое овощеводство. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2022. 504 с.
- Arauz L.F., Neufeld K.N., Lloyd A.L., Ojiambo P.S. Quantitative models for germination and infection of *Pseudoperonospora cubensis* in response to temperature and duration of leaf wetness // *Phytopathology*. 2010. DOI: 10.1094/PHYTO-100-9-0959
- Colucci S.J., Wehner T.C., Holmes G.J. The downy mildew epidemic of 2004 and 2005 in the eastern United States. *Cucurbitaceae* 2006. Asheville, North Carolina, USA, 17–21 Sept. 2006. pp. 403–411.
- Colucci S.J., Holmes G.J. Downy Mildew of Cucurbits // *The Plant Health Instructor*. 2010. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01
- Cohen Y., Van Den Langenberg K.M., Wehner T.C., Ojiambo P.S., Hausbeck M., Quesada-Ocampo L.M., Lebeda A., Sierotzki H., Gisi U. Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The causal agent of cucurbit downy mildew // *Phytopathology*. 2015. DOI 10.1094/PHYTO-11-14-0334-FI
- Granke L.L., Morrice J.J., Hausbeck M.K. Relationships between airborne *Pseudoperonospora cubensis* sporangia, environmental conditions, and cucumber downy mildew severity // *Plant Dis*. 2014. DOI: 10.1094/PDIS-05-13-0567-RE
- Holmes G.J., Ojiambo P.S., Hausbeck M.K., Quesada-Ocampo L., Keinath A.P. Resurgence of cucurbit downy mildew in the United States: A watershed event for research and extension // *Plant Dis*. 2015. 99:428–441.
- Lebeda A., Widrechner M.P. A set of *Cucurbitaceae* taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes // *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2003. 110: 337–349.
- Lebeda A., Urban J. Disease impact and pathogenicity variation in Czech populations of *Pseudoperonospora cubensis* // *Progress in Cucurbit Genetics and Breeding Research*. Olomouc, Czech Republic. 2004. pp. 267–73.
- Lebeda A., Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)-Biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control // *Eur. J. Plant Pathol*. 2011. DOI: 10.1007/s10658-010-9658-1
- Neufeld K.N., Ojiambo P.S. Interactive Effects of Temperature and Leaf Wetness Duration on Sporangia Germination and Infection of Cucurbit Hosts by *Pseudoperonospora cubensis* // *Plant Dis*. 2012. DOI: 10.1094/PDIS-07-11-0560
- Pawlikowska E., Sen S., Acharya K., Selamoglu Z., Sharifi-Rad J., Martorell M., Rodrigues C.F., Sharopov F., Martins N., Capasso R. Cucurbits Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential // *Molecules*. 2019. 24, 1854.

Salehi B., Capanoglu E., Adrar N., Catalkaya G., Shaheen S., Jaffer M., Giri L., Suyal R., Jugran A.K., Calina D. et al. Cucurbits Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential // *Molecules*. 2019. DOI: 10.3390/molecules24101854

References

- Korottseva I. B. Ustoychivost' ogurtsa k lozhnoy muchnistoy rose v usloviyakh Nechernozemnoy zony RF [Cucumber resistance to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in the Non-Black earth zone of the Russian Federation] // *Ovoshchi Rossii*, 2020, no. 6, pp. 116–119. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-6-116-119
- Piskunova T.M. *Izucheniye i podderzhaniye v zhivom vide mirovoy kolleksii tykvy, kabachka, patissona, krukneka (metodicheskiye ukazaniya)* [Studying the global collection of pumpkin, marrow, pattypan and crookneck and its maintenance in viable conditions (guidelines)]. SPb.: VIR, 2020, 48 p.
- Rosstat, electronic resource: <https://rosstat.gov.ru> (accessed 03/28/2023).
- Soldatenko A. V., Borisov V. A. *Ekologicheskoye ovoshchevodstvo* [Ecological vegetable growing]. M.: FGBNU FNCO, 2022, 504 p.
- Arauz L.F., Neufeld K.N., Lloyd A.L., Ojiambo P.S. Quantitative models for germination and infection of *Pseudoperonospora cubensis* in response to temperature and duration of leaf wetness // *Phytopathology*. 2010. DOI: 10.1094/PHYTO-100-9-0959
- Colucci S.J., Wehner T.C., Holmes G.J. The downy mildew epidemic of 2004 and 2005 in the eastern United States. *Cucurbitaceae* 2006. Asheville, North Carolina, USA, 17–21 Sept. 2006. pp. 403–411.
- Colucci S.J., Holmes G.J. Downy Mildew of Cucurbits // *The Plant Health Instructor*. 2010. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01
- Cohen Y., Van Den Langenberg K.M., Wehner T.C., Ojiambo P.S., Hausbeck M., Quesada-Ocampo L.M., Lebeda A., Sierotzki H., Gisi U. Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The causal agent of cucurbit downy mildew // *Phytopathology*. 2015. DOI 10.1094/PHYTO-11-14-0334-FI
- Granke L.L., Morrice J.J., Hausbeck M.K. Relationships between airborne *Pseudoperonospora cubensis* sporangia, environmental conditions, and cucumber downy mildew severity // *Plant Dis*. 2014. DOI: 10.1094/PDIS-05-13-0567-RE
- Holmes G.J., Ojiambo P.S., Hausbeck M.K., Quesada-Ocampo L., Keinath A.P. Resurgence of cucurbit downy mildew in the United States: A watershed event for research and extension // *Plant Dis*. 2015. 99:428–441.
- Lebeda A., Widrechner M.P. A set of *Cucurbitaceae* taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes // *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2003. 110: 337–349.
- Lebeda A., Urban J. Disease impact and pathogenicity variation in Czech populations of *Pseudoperonospora cubensis* // *Progress in Cucurbit Genetics and Breeding Research*. Olomouc, Czech Republic. 2004. pp. 267–73.
- Lebeda A., Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)-Biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control // *Eur. J. Plant Pathol*. 2011. DOI: 10.1007/s10658-010-9658-1
- Neufeld K.N., Ojiambo P.S. Interactive Effects of Temperature and Leaf Wetness Duration on Sporangia Germination and Infection of Cucurbit Hosts by *Pseudoperonospora cubensis* // *Plant Dis*. 2012. DOI: 10.1094/PDIS-07-11-0560
- Pawlikowska E., Sen S., Acharya K., Selamoglu Z., Sharifi-Rad J., Martorell M., Rodrigues C.F., Sharopov F., Martins N., Capasso R. Cucurbits Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential // *Molecules*. 2019. 24, 1854.
- Salehi B., Capanoglu E., Adrar N., Catalkaya G., Shaheen S., Jaffer M., Giri L., Suyal R., Jugran A.K., Calina D. et al. Cucurbits Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential // *Molecules*. 2019. DOI: 10.3390/molecules24101854