

# Скрининг сортов и гибридов огурца для выявления источников устойчивости к пероноспорозу

Н.Т. Амирханова, А.С. Рсалиев

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности, Жамбылская область, Казахстан

Пероноспороз (возбудитель – *Pseudoperonospora cubensis* Rostowz) относится к наиболее вредоносным болезням огурца в Казахстане. Одна из причин возрастающей вредоносности *P. cubensis* – высокая изменчивость гриба, приводящая к возникновению новых агрессивных патотипов и, соответственно, к потере устойчивости ряда сортов огурца. Цель исследований – провести иммунологическую оценку сортов и гибридов огурца из 18 стран мира к казахстанской популяции гриба и определить уровень их устойчивости на фоне искусственного заражения, а также выделить стабильные источники устойчивости огурца к болезни. В открытом грунте изучали устойчивость к пероноспорозу 80 образцов огурца казахстанского, узбекистанского, таджикистанского, турецкого, индийского, сербского, российского, украинского, американского, молдавского, германского, нидерландского, итальянского, французского, израильского, китайского, тайваньского и южнокорейского происхождения. Для заражения была использована синтетическая популяция возбудителя пероноспороза огурца. В результате исследований в 2015–2016 гг. среди изученных образцов выделено 29 (36.2 %) сортов и гибридов огурца, проявляющих высокую степень полевой устойчивости к данному патогену. Устойчивыми оказались 9 (11.2 %), среднеустойчивыми – 3 (3.8 %), восприимчивыми – 3 (3.8 %), высоковосприимчивыми – 36 (45.0 %) образцов различного происхождения. Устойчивые образцы сравнительно часто встречались среди материалов Казахстана и Нидерландов. Внедрение и возделывание устойчивых сортов огурца в производстве позволит сократить применение химических средств защиты, получать экологически чистую сельхозпродукцию и избежать загрязнения экосистем.

Ключевые слова: огурцы; пероноспороз; *Pseudoperonospora cubensis*; сорт; гибрид; устойчивость; восприимчивость.

## КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Амирханова Н.Т., Рсалиев А.С. Скрининг сортов и гибридов огурца для выявления источников устойчивости к пероноспорозу. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(6):677-685. DOI 10.18699/VJ17.285

## HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Amirkhanova N.T., Rsaliyev A.S. Screening of cucumber varieties and hybrids for selection of downy mildew resistance sources. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017;21(6):677-685. DOI 10.18699/VJ17.285 (in Russian)

УДК 582.681.71:632.4

Поступила в редакцию 01.08.2017 г.

Принята к публикации 05.10.2017 г.

© АВТОРЫ, 2017

## Screening of cucumber varieties and hybrids for selection of downy mildew resistance sources

N.T. Amirkhanova, A.S. Rsaliyev

Research Institute for Biological Safety Problems,  
Zhambyl region, Kazakhstan

Cucumber downy mildew (causative agent – *Pseudoperonospora cubensis* Rostowz) is one of the most harmful diseases of cucumbers in Kazakhstan. High variability of the fungus leading to the emergence of new aggressive pathotypes and consequently to loss of resistance by some crop cultivars causes ever-growing harmfulness of *P. cubensis*. The goal of the research is to carry out immunological evaluation of cucumber varieties and hybrids from 18 countries to Kazakhstani population of the fungus and to assess their resistance against the background of artificial inoculation as well as to find stable sources of crop resistance to the disease. Eighty cucumber cultivars from Kazakhstan, Uzbekistan, Tajikistan, Turkey, India, Serbia, Russia, Ukraine, USA, Moldova, Germany, Netherlands, Italy, France, Israel, China, Taiwan and South Korea were tested for their resistance to the downy mildew in the field. Synthetic population of the cucumber downy mildew agent was used for inoculation. The studies in 2015–2016 resulted in the detection of 29 (36.2 %) cucumber varieties and hybrids that demonstrated a high rate of field resistance to the pathogen. Nine (11.2 %) varieties and hybrids appeared to be resistant, three (3.8 %) were moderately resistant, three (3.8 %) were susceptible, and 36 (45.0 %) cultivars of different origin appeared to be highly susceptible. Resistant cultivars were rather frequent among materials from Kazakhstan and Netherlands. Adoption and cultivation of resistant cucumber varieties will allow reducing application of chemical protection means, producing ecologically safe farm produce and avoiding pollution of ecosystems.

Key words: cucumber; downy mildew; *Pseudoperonospora cubensis*; variety; hybrid; resistance; susceptibility.

**П**ероноспороз, или ложная мучнистая роса огурца (возбудитель *Pseudoperonospora cubensis*), – экономически значимое заболевание во всем мире. В настоящее время данный патоген относится к числу опасных, быстро прогрессирующих в основных районах возделывания огурцов. При этом ежегодно эпифитотия пероноспороза угрожает производству огурца более чем в 80 странах мира (Lebeda, Urban, 2004; Colucci et al., 2006; Lebeda, Cohen, 2011). Особенностью болезни является короткий латентный период, высокая частота вторичной инфекции, быстрое распространение (Cohen, 1981). Возбудитель *P. cubensis* обладает высокой агрессивностью и широкой адаптивностью, непрерывно расширяет круг растений-хозяев и паразитирует на широком наборе культурных и диких видов семейства Cucurbitaceae (Lebeda, Urban, 2004; Colucci et al., 2006; Lebeda, Cohen, 2011).

В Казахстане пероноспороз на огурцах впервые был зарегистрирован в июле 1959 г. (Казенас, 1974), но доминирующее положение среди возбудителей болезней огурца патоген занял в республике сравнительно недавно. Начиная с 2000-х гг. наметилась устойчивая тенденция массового развития патогена на огуречных плантациях страны (Кабирова, Нусупова, 2002). Очаги с сильным проявлением болезни отмечены на производственных посевах огурца в 2006–2007 гг. в Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областях, где распространение болезни доходило до 80–90 %, а потери урожая – соответственно до 30 % (Джаймурзина, Амирханова, 2007; Амирханова, 2009). В последние годы эпифитотии болезни часто отмечают в южных и юго-восточных регионах республики, что говорит о заметном расширении ареала и усилении вредности патогена (Кабирова, Нусупова, 2002; Амирханова, 2009; Амирханова и др., 2016).

В Республике Казахстан допущено к использованию 30 сортов огурца для открытого грунта и 32 сорта для защищенного грунта. Большинство из них не обладает достаточной устойчивостью к пероноспорозу, что делает это заболевание особенно опасным в нашей климатической зоне (Кабирова, Нусупова, 2002; Амирханова и др., 2016). Слабо поражаемыми являются всего лишь три сорта (Азат, Мейрам-20, Самал) и несколько гибридов, таких как гибриды первого поколения Альянс Бейо 2640, Соната РЗ, Октопус и Циркон. Характерная особенность этих образцов – не фактическая их устойчивость, а практическая выносливость. Листья их поражаются пероноспорозом, как и у других восприимчивых сортов, но перечисленные сорта отличаются способностью интенсивно наращивать новую молодую листву, удлиняя тем самым вегетацию и период плодоношения (Кабирова, 2005; Айтбаев, 2011). Трудность создания устойчивых сортов и гибридов огурца обусловлена высокой внутривидовой изменчивостью *P. cubensis*, его способностью быстро преодолевать достигаемый селекцией уровень резистентности исходного материала (Lebeda, Cohen, 2011). По этой причине селекционеры подбирают доноров устойчивости к патогену и создают серию линий каково-либо высокоурожайного сорта, различающихся между собой только по устойчивости к патотипам. Такие сорта обладают достаточно высокой и стабильной устойчивостью (Медведев, 2008; Гринько, 2012; Call et al., 2012).

Меры борьбы с пероноспорозом ограничены, следовательно, применение различных агроприемов, в том числе севооборотов, малоэффективно (Кабирова, 2005; Москвитина и др., 2012). Кроме агротехнических, рекомендации для борьбы с болезнями огурца сводятся в основном к обработке семян протравителями и фунгицидами. Однако при частых дождях резко снижается эффективность фунгицидов контактного действия, что вызывает необходимость повторных опрыскиваний растений, снижает рентабельность культур и дестабилизирует агроэкологическую экосистему (Ковбасенко, 1999). Из-за многократного применения фунгицидов в кожуре зеленцов аккумулируются их остаточные количества, вредные для человека (Кабирова, 2005; Москвитина и др., 2012).

Наиболее практичный и экономичный подход в борьбе с пероноспорозом огурца – это использование сортов культуры, устойчивых к болезни. К сожалению, до настоящего времени в Казахстане и других странах Центральной Азии не проводились научные работы по выявлению источников устойчивости огурца к пероноспорозу, несмотря на то что в этих странах существует потенциал для увеличения круглогодичного рыночно-ориентированного производства бахчевых культур и улучшения их потребления для повышения благосостояния людей в регионе (Mavlyanova, 2014). В связи с этим отсутствует генофонд семян болезнестойчивых сортов огурца, а также слабо организована исследовательская работа по обеспечению биологической безопасности этой важной сельскохозяйственной культуры.

Цель исследований – провести иммунологическую оценку сортов и гибридов огурца из 18 стран мира к казахстанской популяции гриба и определить уровень их устойчивости на фоне искусственного заражения, а также выделить стабильные источники устойчивости огурца к болезни.

## Материалы и методы

Материалом для исследований были коммерческие, коллекционные сорта и гибриды огурца различного географического происхождения, полученные из генофонда овощных культур Казахского НИИ картофелеводства и овощеводства. В общей сложности изучено 80 сортов и гибридов данной культуры, в том числе 17 образцов казахстанского происхождения, 3 узбекистанского, 1 таджикистанского, 3 турецкого, 1 индийского, 1 сербского, 22 российского, 1 украинского, 4 американского, 1 молдавского, 1 германского, 14 нидерландского, 1 итальянского, 1 французского, 2 израильского, 3 китайского, 2 тайваньского и 2 южнокорейского.

Для заражения растений использовали синтетическую популяцию патогена, представляющую собой смесь из пяти патотипов возбудителя *P. cubensis* (11.15.14, 15.13.12, 11.18.10, 13.13.4 и 5.0.0). Используемые патотипы *P. cubensis* различаются между собой по вирулентности к сортам-дифференциаторам тыквенных культур (Lebeda, Widrechner, 2003) и часто встречаются в районах Жамбылской области. Характеристика патотипов *P. cubensis* приведена в табл. 1.

Исследования проводили на опытном поле НИИ проблем биологической безопасности (Жамбылская область) в 2015–2016 гг. Высевали по одному погонному метру и по

**Таблица 1.** Характеристика вирулентности патотипов *Pseudoperonospora cubensis*

Патотип	Реакция совместимости на дифференциаторах тыквенных культур												ФВ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
11.15.14	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	10
15.13.12	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	9
11.18.10	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	8
13.13.4	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	7
5.0.0	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Примечание. Цифрами обозначены: 1 – *Cucumis sativus*, 2 – *Cucumis melo* subsp. *melo*, 3 – *Cucumis melo* subsp. *agrestis* var. *conomon*, 4 – *Cucumis melo* subsp. *agrestis* var. *acidulous*, 5 – *Cucurbita pepo* subsp. *pepo*, 6 – *Cucurbita pepo* subsp. *texana*, 7 – *Cucurbita fraternal*, 8 – *Cucurbita maxima*, 9 – *Citrullus lanatus*, 10 – *Benincasa hispida*, 11 – *Luffa cylindrical*, 12 – *Lagenaria siceraria*. Характеристика реакции совместимости: «+» – реакция совместимости/вирулентности; «-» – реакция несовместимости/авирулентности изолятов *P. cubensis* на дифференциальных генотипах тыквенных культур. ФВ – фактор вирулентности на основе числа реакций совместимости с набором дифференциаторов хозяина.

**Таблица 2.** Шкала для учета типов реакции растений огурца на заражение возбудителем пероноспороза, по (Jenkins, Wehner, 1983)

Балл	Степень поражения, %	Описание симптомов
0	0	Нет поражения болезнью
1	0–3	Отдельные мелкие хлоротичные пятна
2	3–6	Единичные мелкие пятна на листовой поверхности
3	6–12	Небольшое количество мелких пятен на листе
4	12–25	Несколько средних пятен занимает до 25 % листовой поверхности
5	25–50	Несколько хорошо сформированных пятен занимает от 26 до 50 % поверхности листа
6	50–75	Множественные некротические пятна занимают от 51 до 75 % площади листа
7	75–87	Крупные сливающиеся пятна занимают свыше 75 % поверхности листа
8	87–100	Крупные сливающиеся пятна покрывают всю поверхность листа, с хорошей споруляцией
9	100	Растения погибают

три повторности каждого изучаемого образца. Для инокуляции использовали споры материала, полученный из отобранных патотипов *P. cubensis*, инкубированных в климатической камере (Weisstechnik, Германия) по методу (Lebeda, Urban, 2010). Инокуляцию изучаемых сортов и гибридов огурца суспензией с концентрацией  $10^5$  конидий/мл с добавлением ПАВ Твин 80 осуществляли в фазе начала цветения растений. Для создания условий высокой влажности (95–100 %) растения после заражения на 48 ч закрывали пленкой и слегка открывали в дневное время (Литвинов, 2011).

После проявления болезни в течение вегетации растений проводили иммунологическую оценку степени и типа устойчивости растений (в динамике, не менее четырех учетов) по общепринятой в фитопатологии методике (Lebeda, Urban, 2010; Литвинов, 2011). Устойчивость оценивали по 10-балльной шкале (Jenkins, Wehner, 1983), отмечая тип поражения в баллах (табл. 2).

В полевых условиях основным критерием оценки устойчивости сортов и гибридов огурца к пероноспорозу является площадь под кривой развития болезни (ПКРБ). Ее расчет проводили по методу (Wilcoxon et al., 1975):

$$ПКРБ = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i)/2][X_{i+1} - X_i],$$

где ПКРБ – площадь под кривой развития болезни, усл. ед.;  $Y_{i+1}$  – интенсивность развития болезни на момент первого

**Таблица 3.** Категория устойчивости сортов и гибридов огурца на основе индекса устойчивости

Среднее значение ИУ	Категория устойчивости
0.2–0.4	Высокоустойчивый (ВУ)
0.5–0.9	Устойчивый (У)
1.0–1.3	Среднеустойчивый (СУ)
1.4–1.9	Восприимчивый (В)
2.0–7.0	Высоковосприимчивый (ВВ)

учета, %;  $Y_i$  – интенсивность развития болезни на момент последнего учета, %;  $X_{i+1}$  – количество дней между вторым и первым учетом;  $X_i$  – количество дней между последним и предпоследним учетом;  $n$  – количество учетов.

Зная значения площади под кривой развития болезни образцов, находили относительные значения индекса устойчивости к болезни (ИУ) (табл. 3)

$$ИУ = \frac{ПКРБ \text{ изучаемого сорта}}{\text{общее кол-во изученных сортов}} \times 100.$$

Анализ данных проводили с помощью пакетов программы GraphPadPrism 6 (GraphPad Software, Inc., США).

**Таблица 4.** Характеристика высокоустойчивых (ВУ) сортов и гибридов огурца в открытом грунте (среднее за 2015–2016 гг.)

Название образца	Происхождение	РБ, %	ТИ, балл	ПКРБ	ИУ	КУ
Азат	Казахстан	3.0	1.0	105.0	0.2	ВУ
Алтай	Россия	3.0	1.0	135.0	0.3	ВУ
Анушка F4	Казахстан	5.0	1.0	110.0	0.2	ВУ
Анушка F5	»	5.0	1.0	145.0	0.3	ВУ
Анушка F6	»	4.0	1.0	120.0	0.3	ВУ
Жигер	»	4.0	1.0	145.0	0.3	ВУ
Росинка	Россия	2.0	1.0	135.0	0.3	ВУ
Мейрам 20	Казахстан	3.0	1.0	130.0	0.3	ВУ
Семиреченский	»	4.0	1.0	110.0	0.2	ВУ
Медеу	»	3.0	1.0	110.0	0.2	ВУ
Парад	Россия	5.0	1.0	195.0	0.4	ВУ
Nimbus H-1262	Молдова	4.0	2.0	160.0	0.4	ВУ
Libella F1	Германия	3.0	2.0	110.0	0.2	ВУ
Dolibor F1	Нидерланды	3.0	7.0	100.0	0.2	ВУ
Donja F1	»	2.0	7.0	120.0	0.3	ВУ
Claudia F1	»	3.0	6.0	145.0	0.3	ВУ
Nadine F1	»	4.0	9.0	170.0	0.4	ВУ
Santana F1	»	2.0	1.0	120.0	0.3	ВУ
Atlantis F1	»	3.0	1.0	135.0	0.3	ВУ
Alert F1	»	3.0	1.0	115.0	0.2	ВУ
Alvin F1	»	2.0	1.0	105.0	0.2	ВУ
Alstar F1	»	5.0	1.0	140.0	0.3	ВУ
Danish pickling	»	4.0	1.0	120.0	0.3	ВУ
Bush champion	США	2.0	1.0	85.0	0.2	ВУ
Calypso F1	»	1.0	1.0	85.0	0.2	ВУ
Саманон Wahaslihe	»	5.0	1.0	145.0	0.3	ВУ
Parker	»	5.0	1.0	145.0	0.3	ВУ
607 F1	Турция	5.0	1.0	140.0	0.3	ВУ
Natsufushinari	Китай	4.0	1.0	135.0	0.3	ВУ

Примечание. Здесь и далее: РБ – развитие болезни; ТИ – тип инфекции, балл; ПКРБ – площадь под кривой развития болезни; ИУ – индекс устойчивости; КУ – категория устойчивости.

**Таблица 5.** Характеристика устойчивых (У) и среднеустойчивых (СУ) сортов и гибридов огурца в открытом грунте (среднее за 2015–2016 гг.)

Название образца	Происхождение	РБ, %	ТИ, балл	ПКРБ	ИУ	КУ
Анка	Россия	11.0	2.0	260.0	0.6	У
Вектор	»	14.0	2.0	295.0	0.7	У
Серпантин	»	17.0	3.0	360.0	0.9	У
Дарина F4	Казахстан	31.0	5.0	525.0	1.3	СУ
Левина F4	»	14.0	2.0	245.0	0.6	У
Кобус	Россия	15.0	3.0	300.0	0.7	У
Декан	»	18.0	3.0	300.0	0.7	У
Феникс	»	20.0	3.0	375.0	0.9	У
Аях	Нидерланды	10.0	2.0	225.0	0.5	У
Darina F1	»	33.0	5.0	550.0	1.3	СУ
Dinzosn	Китай	15.0	3.0	300.0	0.7	У
Seoul-1	Южная Корея	25.0	4.0	500.0	1.2	СУ

**Результаты**

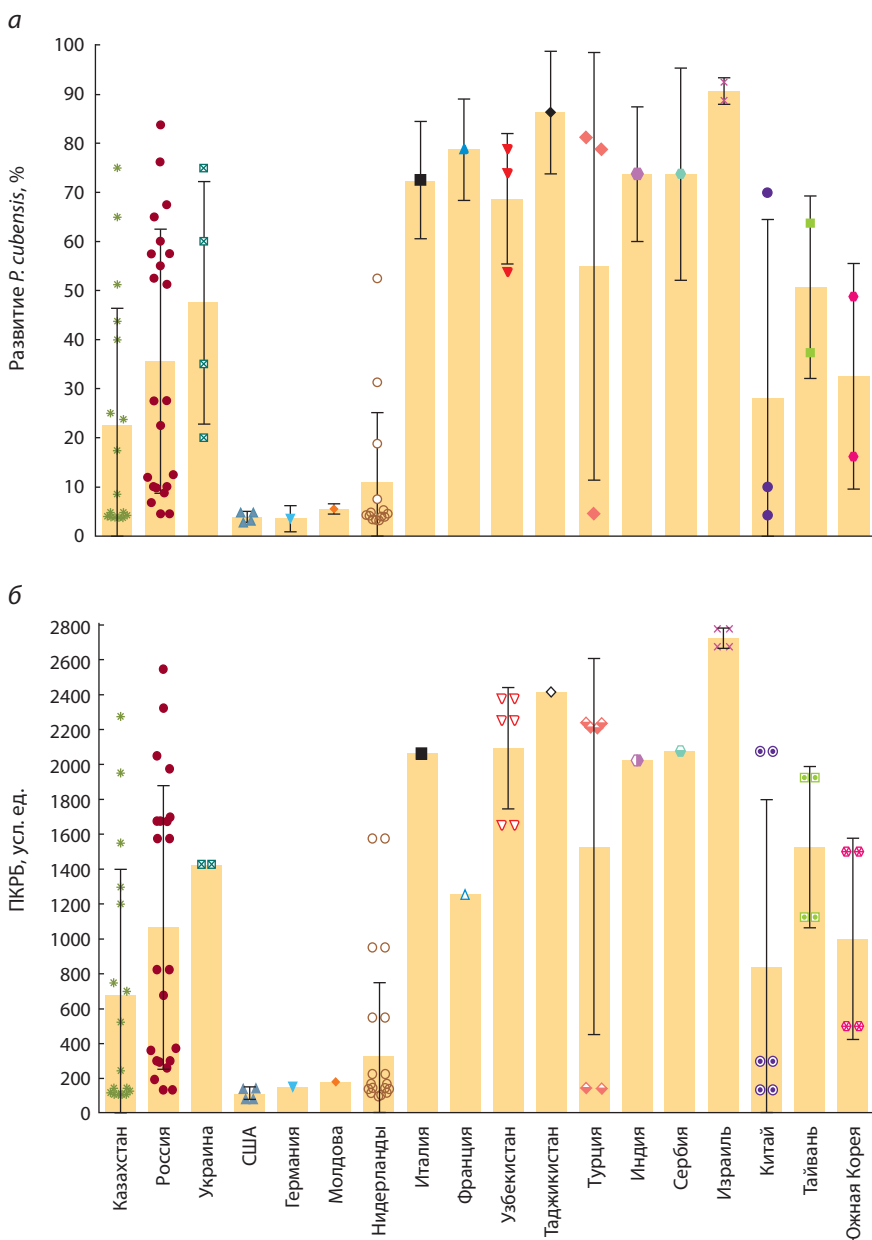
Проведенный нами в 2015–2016 гг. скрининг 80 образцов огурца из 18 стран мира по устойчивости к возбудителю *P. cubensis* не выявил образцов, иммунных к данному патогену. Одним из показателей, позволяющих классифицировать сорта по уровню устойчивости к болезни,

является индекс устойчивости. Между исследованными образцами наблюдался значительный полиморфизм по индексу устойчивости, который варьировал от 0.2 до 6.9 (табл. 4–7).

В ходе исследований были выделены 29 образцов огурца, которые на фоне искусственного заражения воз-

**Таблица 6.** Характеристика восприимчивых (В) и высоковосприимчивых (ВВ) сортов и гибридов огурца в открытом грунте (среднее за 2015–2016 гг.)

Название образца	Происхождение	РБ, %	ТИ, балл	ПКРБ	ИУ	КУ
Эгалите	Казахстан	55.0	6.0	700.0	1.7	В
Капелька	Россия	70.0	7.0	825.0	2.0	ВВ
Кудесник	»	50.0	6.0	675.0	1.6	В
Волгодонский	»	70.0	7.0	825.0	2.0	ВВ
Калисто	Казахстан	86.0	8.0	1300.0	3.2	ВВ
Шильде	»	82.0	8.0	1200.0	3.0	ВВ
Сайлау	»	85.0	8.0	1550.0	3.8	ВВ
Манул F4	»	58.0	6.0	750.0	1.8	В
Таник F1	Россия	85.0	8.0	1675.0	4.1	ВВ
Светлячок	»	80.0	8.0	1575.0	3.9	ВВ
Оркен	Казахстан	95.0	9.0	2275.0	5.6	ВВ
Нежинский местный	Украина	82.0	8.0	1425.0	3.5	ВВ
Крепыш F1	Россия	85.0	8.0	1675.0	4.1	ВВ
Л-138	»	83.0	8.0	1575.0	3.9	ВВ
Гермес	Казахстан	90.0	8.0	1950.0	4.8	ВВ
Конкурент	Россия	100.0	9.0	2050.0	5.1	ВВ
Кустовой	»	100.0	9.0	2325.0	5.8	ВВ
Надежный	»	88.0	8.0	1700.0	4.2	ВВ
Апрельский F1	»	100.0	9.0	2550.0	6.3	ВВ
Сентябрьский	»	86.0	8.0	1675.0	4.1	ВВ
Дальневосточный 27	»	90.0	8.0	1975.0	4.9	ВВ
Merenga	Нидерланды	75.0	7.0	950.0	2.3	ВВ
Masha	»	85.0	8.0	1575.0	3.9	ВВ
Piccolo di Parigi	Италия	90.0	9.0	2175.0	5.4	ВВ
Paris cornet	Франция	95.0	9.0	2250.0	5.8	ВВ
Маргеланский 822	Узбекистан	100.0	9.0	2375.0	5.9	ВВ
Зилял	»	87.0	8.0	1650.0	4.1	ВВ
Навруз	»	98.0	9.0	2250.0	5.6	ВВ
Таджикский ранний	Таджикистан	100.0	9.0	2600.0	6.5	ВВ
Girdap F1	Турция	100.0	9.0	2625.0	6.5	ВВ
Nefes F1	»	100.0	9.0	2575.0	6.4	ВВ
Indian local	Индия	95.0	9.0	2200.0	5.5	ВВ
Dugi zeleni	Сербия	96.0	9.0	2250.0	5.6	ВВ
Gurail 213-33	Израиль	100.0	9.0	2775.0	6.9	ВВ
ЗБ-33 F1	»	100.0	9.0	2675.0	6.6	ВВ
Chinese local	Китай	95.0	9.0	2075.0	5.1	ВВ
C-01	Тайвань	90.0	8.0	1925.0	4.8	ВВ
C-02	»	78.0	7.0	1125.0	2.8	ВВ
Seoul-2	Южная Корея	82.0	8.0	1500.0	3.7	ВВ



Средние значения развития *Pseudoperonospora cubensis* (а) и ПКРБ (б) на огурцах из 18 стран мира.

будителем пероноспороза демонстрировали высокую устойчивость. У этих образцов поражение варьировало от 3 до 5 % с типом поражения 1 балл. Индекс устойчивости (ИУ) не превышал 0.2–0.4 и был в 8 раз ниже, чем у высоковосприимчивых образцов. К ним относятся образцы казахстанского происхождения Азат, Анушка F4, Анушка F5, Анушка F6, Жигер, Мейрам 20, Семиреченский, Медеу и образцы зарубежного происхождения: Алтай, Росинка, Парад (Россия); Bush champion, Calypso F1, Camanon Wahaslihe, Parker (США); 607 F1 (Турция); Nimbus H-1262 (Молдова); Libella F1 (Германия); Dolibor F1, Donja F1, Claudia F1, Nadine F1, Santana F1, Atlantush F1, Alert F1, Alvin F1, Alstar F1, Danish pickling (Нидерланды) и Natsufushinari (Китай). Характеристика этих сортов и гибридов представлена в табл. 4.

Иммунологическая реакция «устойчивость» (У) обладали образцы, у которых развитие болезни не превышало 6–8 %, тип инфекции составлял 2–3 балла, а индекс устойчивости был в пределах 0.6–0.9 ед. К таким образцам относятся: Левина F4 (Казахстан); Анка, Вектор, Серпантин, Кобус, Декан и

Феникс (Россия); Ajax (Нидерланды) и Dinzozn (Китай).

Средняя устойчивость (СУ) характерна только для трех образцов: Дарина F4 (Казахстан), Darina F1 (Нидерланды) и Seoul-1 (Южная Корея). Их индекс устойчивости не превышает 1.2–1.3 ед., развитие болезни в период вегетации доходило до 33.0 %, а тип инфекции составил 4–5 баллов (табл. 5).

Восприимчивыми (В) оказались образцы Эгалите, Кудесник, Манул F4 казахстанского и российского происхождения. Развитие болезни на них варьировало от 50 до 58 % с типом инфекции 6 баллов, индекс устойчивости был в пределах 1.6–1.8.

Среди изученных образцов огурца значительное количество проявляло высокую степень восприимчивости к патогену. Тип инфекции в основном составлял 7–9 баллов, степень поражения менялась от 70 до 100 %, соответственно индекс устойчивости был от 2.0 до 6.9 ед. К таким высоковосприимчивым (ВВ) образцам относятся: Калисто, Шильде, Сайлау, Оркен, Гермес (Казахстан); Капелька, Волгодонский, Таник F1, Светлячок, Крепыш F1, Л-138, Конкурент, Кустовой, Надежный, Апрельский F1 Сентябрьский, Дальневосточный 27 (Россия); Нежинский местный (Украина); Merenga и Masha (Нидерланды); Piccolo di Parigi (Италия); Paris cornet (Франция); Маргеланский 822, Зилял, Навруз (Узбекистан); Таджикский ранний (Таджикистан); Girdap F1 и Nefes F1 (Турция); Indian local (Индия); Dugi zeleni (Сербия); Gurail 213-33 и ЗБ-33 F1 (Израиль); Chinese local (Китай); С-01 и С-02 (Тайвань) и Seoul-2 (Южная Корея) (табл. 6).

Скрининг 80 сортов и гибридов огурца из разных стран показал, что между изучаемыми образцами существуют значимые различия по поражаемости пероноспорозом и ПКРБ (см. рисунок).

У большинства сортов и гибридов огурца российского происхождения отмечена высокая восприимчивость (54.6 %) к болезни (табл. 7). Высокую и умеренную устойчивость проявили 13.6 и 27.3 % образцов, а восприимчивость – 4.5 % соответственно. В значительной степени поражаются пероноспорозом казахстанские сорта и гибриды (29.5 %); высокую и уме-

**Таблица 7.** Частота встречаемости устойчивых и восприимчивых генотипов огурца различного происхождения к пероноспорозу в Казахстане

Страна	Кол-во образцов	Процентное соотношение образцов огурца с разными типами устойчивости/восприимчивости				
		УУ	У	СУ	В	ВВ
Казахстан	17	47.0	5.9	5.9	11.7	29.5
Россия	22	13.6	27.3	0.0	4.5	54.6
Украина	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Молдова	1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Германия	1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Нидерланды	14	69.2	7.7	7.7	0.0	15.4
Италия	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Франция	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
США	4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Узбекистан	3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Таджикистан	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Турция	3	33.4	0.0	0.0	0.0	66.6
Индия	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Сербия	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Израиль	2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Китай	3	33.3	33.3	0.0	0.0	33.4
Тайвань	2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Южная Корея	2	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0
Всего	80	36.2	11.2	3.8	3.8	45.0

ренную устойчивость демонстрировали 47.0 и 5.9 % образцов из Казахстана. Среди образцов огурца из Турции и Китая высокой устойчивостью обладали 33.4 и 33.3 % сортов и гибридов соответственно. Высоковосприимчивыми в условиях Казахстана были 66.6 и 33.4 % генотипов огурца.

Также выделены образцы огурцов с высоким уровнем устойчивости и восприимчивости (100 %) к казахстанским патотипам *P. cubensis*. Устойчивыми оказались образцы из Молдовы, Германии, США, а высокой восприимчивостью обладали образцы из Украины, Италии, Франции, Узбекистана, Таджикистана, Индии, Сербии, Израиля и Тайваня (см. табл. 7).

Среди изученных образцов выделено 29 (36.2 %) сортов и гибридов огурца различного происхождения, проявляющих высокую степень полевой устойчивости к данному патогену. Устойчивыми оказались 9 (11.2 %), среднеустойчивыми – 3 (3.8 %), восприимчивыми – 3 (3.8 %), высоковосприимчивыми – 45.0 % образцов, т. е. 36 сортов и гибридов.

### Обсуждение

Результаты двухлетнего изучения 80 сортов и гибридов огурца по степени устойчивости к пероноспорозу в условиях Казахстана показали, что сорта и гибриды огурца из 18 стран мира характеризовались от высокой устойчивости до высокой восприимчивости. В тестируемой нами коллекции иммунные к патогену образцы не выявлены. Аналогичные результаты были получены при изучении 260 генотипов огурца из мировой коллекции огурца

ВИР в условиях малообъемной гидропоники (Гринько, 2012). Отсутствие в тестируемой коллекции иммунных к *P. cubensis* генотипов соответствует данным об усилении формообразовательных процессов и появлении новых вирулентных патотипов в популяциях патогена (Lebeda, Cohen, 2011; Гринько, 2012).

При изучении сортов и гибридов огурца нами выявлено 29 высокоустойчивых образцов разного происхождения (см. табл. 4). Отдельные сорта и гибриды характеризовались устойчивостью к болезни: Левина F4 (Казахстан); Анка, Вектор, Серпантин, Кобус, Декан и Феникс (Россия); Ajax (Нидерланды) и Dinzosn (Китай). Кроме того, в предыдущих исследованиях нами установлено, что многие казахстанские физиологические расы *P. cubensis* авирулентны к отдельным изученным генотипам огурца, таким как Феникс, Natsufushinari, Calypso F1, Азат, Медеу и Мейрам 20 (Rsaliyev et al., 2017). Сорт Феникс проявляет устойчивость не только в Казахстане, но и в России (Витченко, Рыбалко, 1996) и Молдове (Берлин и др., 2008). Ранее было отмечено, что на Крымской опытно-селекционной станции относительной устойчивостью к пероноспорозу характеризуются российские сорта Конкурент, Парад, и Дальневосточный 27 (Медведев, Медведева, 1985). В наших экспериментах сорта Конкурент и Дальневосточный 27 оказались высоковосприимчивыми к болезни. Эти данные свидетельствуют о том, что вирулентность возбудителя ложной мучнистой росы огурца в различных эколого-географических регионах сильно различается. При этом в работе (Shetty et al., 2002) установлено, что европейские и североамериканские патотипы

*P. cubensis* близкородственны, но сильно отличаются от азиатских патотипов. Согласно рекомендации авторов, перед допуском к производству в Азии новых устойчивых к пероноспорозу сортов и гибридов огурца, выведенных в Европе и Америке, необходимо проводить испытание на устойчивость к азиатским расам возбудителя. Европейские патотипы (Lebeda, Gadasova, 2002; Lebeda, Urban, 2010) существенно отличаются от патотипов *P. cubensis*, выявленных ранее в Японии, Израиле и США (Thomas et al., 1987; Cohen et al., 2003).

Выявление и создание сортов и гибридов огурца с устойчивостью к пероноспорозу является актуальным во всем мире (Обручков и др., 2016) и проводится в США (Staub et al., 2008; Call et al., 2012), Японии (Ezuka, Komada, 1974), Польше (Doguchowski, Lakowska-Ryk, 2000), Белоруссии (Налобова, Хлебородов, 2011) и других странах мира, где возделывается данная культура. Устойчивость растений формируется в районах, где условия наиболее благоприятны для развития соответствующих патогенов. По литературным данным, высокоустойчивые сортообразцы в основном встречаются среди сортов Китая, Японии и США. Максимальное развитие болезни на этих образцах отмечается в пределах 5–20%. Достаточно высокую устойчивость демонстрируют и сорта из Голландии (Берлин и др., 2008). В наших исследованиях высокая устойчивость наблюдалась у большинства казахстанских и голландских (Нидерланды) сортов и гибридов. Образцы из США и Китая также показали высокую устойчивость к нашим популяциям гриба, что подтверждается литературными данными (Берлин и др., 2008). Эти сорта и гибриды можно рекомендовать для совершенствования сортамента огурца в производственных и фермерских хозяйствах юго-востока Казахстана.

Среди изученных образцов высокой восприимчивостью отличались 36 сортов и гибридов огурца. Максимальное развитие болезни доходило до 100% с типом инфекции 7–9 баллов. К этой группе относятся в основном сорта и гибриды Казахстана: Калисто, Шильде, Сайлау, Оркен, Гермес; некоторые сорта и гибриды зарубежного происхождения: Капелька, Волгодонский, Таник F1, Светлячок, Крепыш F1, Л-138, Конкурент, Кустовой, Надежный, Апрельский F1, Сентябрьский, Дальневосточный 27 (Россия); Нежинский местный (Украина); Merenga и Masha (Нидерланды); Piccolo di Parigi (Италия); Paris cornet (Франция); Маргеланский 822, Зилял и Навруз (Узбекистан); Таджикский ранний (Таджикистан); Girdap F1 и Nefes F1 (Турция); Indian local (Индия); Dugi zeleni (Сербия); Gurail 213-33 и ЗБ-33 F1 (Израиль); Chinese local (Китай); С-01 и С-02 (Тайвань) и Seoul-2 (Южная Корея). Следовательно, эти сорта и гибриды не могут быть использованы в селекционных работах и в производстве.

Таким образом, на основании проведенных исследований для практической селекции на устойчивость к пероноспорозу в условиях Казахстана и в соседних регионах рекомендуются следующие сорта и гибриды огурца: Азат, Анушка F4, Анушка F5, Анушка F6, Жигер, Мейрам 20, Медеу, Семиреченский (Казахстан); Алтай, Росинка, Паррад (Россия); Bush champion, Calypso F1, Camanon Wasaslihe, Parker (США); 607 F1 (Турция); Nimbus H-1262 (Молдова); Libella F1 (Германия); Dolibor F1, Donja F1,

Claudia F1, Nadine F1, Santana F1, Atlantis F1, Alert F1, Alvin F1, Alstar F1, Danish pickling (Нидерланды) и Nat-sufushinari (Китай).

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках программы грантового финансирования на 2015–2017 гг. (грант № 1134/ГФ4). Авторы выражают благодарность сотрудникам НИИ проблем биологической безопасности М. Байгутову и А. Асрубаевой за оказанную помощь в исследованиях.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

- Айтбаев Т.Е. Вредители и болезни огурца в защищенном грунте и меры борьбы с ними. Астана. АгроИнформ. 2011;10:2-4.
- Амирханова Н.Т. Динамика развития ложной мучнистой росы огурца. Исследования, результаты. 2009;1:96-99.
- Амирханова Н.Т., Нусупова А.О., Рсалиев А.С. Фитосанитарная обстановка посевов огурца на юго-востоке Казахстана. Изв. НАН РК. Сер. Биол. и мед. 2016;4(316):29-34.
- Берлин О.С., Налобова В.Л., Гороховский В.Ф. Комбинационная способность перспективных линий огурца открытого грунта по устойчивости к пероноспорозу. Овощеводство. 2008;13:119-124.
- Витченко Э.Ф., Рыбалко А.А. Устойчивость исходного материала огурца к пероноспорозу и его использование в селекции. Селекция и семеноводство с.-х. культур. Новосибирск, 1996;62-64.
- Гринько Н.Н. Скрининг мировой коллекции генетических ресурсов ВИР им. Н.И. Вавилова с целью отбора генотипов огурца, устойчивых к *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.) Rostowz. Овощи России. 2012;1:50-53.
- Джаймурзина А.А., Амирханова Н.Т. Пероноспороз огурца и эффективность фунгицидов против него в условиях Алматинской области. Материалы конф. «Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственного производства Казахстана: проблемы, пути решения». Алматы, 2007;58-59.
- Кабинова Л.В. Генетический аспект в селекции огурца. Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы защиты и карантина растений». Алматы: Алейрон, 2005;308-313.
- Кабинова Л.В., Нусупова А.О. Селекция огурца на раннеспелость и устойчивость к пероноспорозу в открытом грунте. Вестн. с.-х. науки Казахстана. 2002;3:16-18.
- Казенас Л.Д. Болезни сельскохозяйственных растений Казахстана. Алматы: Кайнар, 1974;241-244.
- Ковбасенко В.М. Системные препараты для защиты овощных культур от болезней. Украина. Захист рослин. 1999;10:26.
- Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: РАСХН; Всерос. НИИ овощеводства, 2011;6-614.
- Медведев А.В. Итоги и перспективы селекции огурца в Южном округе России. Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы: Сб. статей междунар. науч.-практ. конф. М., 2008;2:194-197.
- Медведев А.В., Медведева Н.И. Источники устойчивости огурца к ложной мучнистой росе и использование их в селекции. Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1985;97:36-39.
- Москвитина К.К., Шахмедов Ш.Ш., Арсланова Р.А. Биоэкологические особенности проявления пероноспороза огурца в условиях защищенного грунта Астраханской области. Естественные науки. 2012;2(39):93-97.
- Налобова В.Л., Хлебородов А.Я. Сорта и гибриды огурца белорусской селекции для открытого грунта. Вестн. овощевода. 2011; 2:6-8.



- Обручков А.Ю., Мокрянская Т.И., Гороховский В.Ф. Селекция крупнобугорчатых гибридов огурца на устойчивость к пероноспорозу. Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киев, 2016;73-75.
- Call A.D., Criswell A.D., Wehner T.C., Klosinska U., Kozik E.U. Screening cucumber for resistance to downy mildew caused by *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. and Curt.) Rostov. Crop Sci. 2012;52:577-592.
- Cohen Y. Downy mildew of cucurbits. The Downy Mildews. L.: Acad. Press, 1981;341-354.
- Cohen Y., Meron I., Mor N., Zuriel S. A new pathotype of *Pseudoperonospora cubensis* causing downy mildew in cucurbits in Israel. Phytoparasitica. 2003;31:458-466.
- 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;403-411.
- Doruchowski R.W., Lakowska-Ryk E. F1 hybrid pickling cucumbers developed for increased yield, earliness and resistance to downy mildew. Acta Horticulturae. 2000;510:45-46.
- Ezuka A., Komada H. Varietal difference in resistance of cucumber to downy mildew. Bull. Tokai-Kinki Nat. Agric. Exp. Stat. 1974;27:42-45.
- Jenkins S.F., Wehner T.C. A system for the measurement of foliar diseases of Cucumber. Cucurbit Genetics Cooperative Rep. 1983; 6(10-12):5.
- Lebeda A., Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) – biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. Eur. J. Plant Pathol. 2011;129:157-192.
- Lebeda A., Gadasova V. Pathogenic variation of *Pseudoperonospora cubensis* in the Czech Republic and some other European countries. Acta Horticulturae. 2002;588:137-141.
- 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;267-273.
- Lebeda A., Urban J. Screening for resistance to cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*). Mass Screening Techniques for Selecting Crops Resistant to Disease. Vienna, Austria, 2010;285-294.
- Lebeda A., Widrlechner M.P. A set of Cucurbitaceae taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes. J. Plant Dis. Prot. 2003;110:337-349.
- Mavlyanova R. Vegetable research in Central Asia and the Caucasus to enhance nutritional security and livelihoods. Acta Horticulturae. 2014;1033:39-45.
- Rsaliyev A., Amirkhanova N., Pakhratdinova Z. Virulence of Kazakhstan races *Pseudoperonospora cubensis* Rostowz on cucumber varieties and hybrids. III Int. Conf. “Genofond and Plant Breeding” dedicated to the 130th anniversary of N.I. Vavilov. Novosibirsk, 2017;57-58.
- Shetty N.V., Wehner T.C., Thomas C.E., Doruchowski R.W., Shetty V.K.P. Evidence for downy mildew races in cucumber tested in Asia, Europe, and North America. Scientia Horticulturae. 2002;94:231-239.
- Staub J.E., Robbins M.D., Wehner T.C. Cucumber. In: J. Prohens, F. Nuez (Eds.). Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae. N. Y.: Springer, 2008;241-282.
- Thomas C.E., Inaba T., Cohen Y. Physiological specialization in *Pseudoperonospora cubensis*. Phytopathology. 1987;77:1621-1624.
- Wilcoxson R.D., Skovmand B., Atif A.H. Evaluation of wheat cultivars for ability to retard development of stem rust. Annu. Appl. Biol. 1975;275-281.