

## Дифференциация видового состава возбудителей мучнистой росы тыквенных культур

В. Л. Налобова, доктор с.-х. наук, И. В. Павлова, кандидат биологических наук,  
М. В. Ивановская, научный сотрудник  
Институт овощеводства

(Дата поступления статьи в редакцию 10.12.2017 г.)

Результаты дифференциации видового состава возбудителей мучнистой росы тыквенных культур по морфологическим признакам конидий гриба и с применением ПЦР диагностики указывают, что возбудителями болезни являются: *Erysiphe cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum* и *Sphaerotheca fuliginea* Poll. f. *cucumidis* Jacz. Оба гриба поражают растения огурца, кабачка, тыквы, патиссона, дыни. Растения арбуза поражаются только грибом *E. cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum*.

The results of differentiation of the powdery mildew of pumpkin cultures by the morphological features of conidia of the fungus and using PCR diagnostics indicate that the causative agents are: *Erysiphe cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum* and *Sphaerotheca fuliginea* Poll. f. *cucumidis* Jacz. Both fungi affect plants of cucumber, squash, pumpkin, patisson, melon. Plants of watermelon are affected only by fungus *E. cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum*.

### Введение

Мучнистая роса известна почти во всем мире: Европе, Азии, Америке, Австралии [1, 7]. О данной болезни в нашей республике имеются сообщения в работах И. В. Рытова [10], А. А. Сапаговой [11], Н. А. Дорожкина, М. А. Капельян [3], М. С. Комаровой [4], В. Л. Налобовой [5]. Вредоносность болезни выражается в сильном усыхании и обезвоживании листьев, снижении качества плодов, так как на пораженных мучнистой росой растениях формируются мелкие крючкообразные плоды, период вегетации растений в результате поражения болезнью сокращается на 2–3 недели.

Урожай огурца вследствие поражения мучнистой росой снижается на 30–50 %, а в отдельных случаях более чем на 70 % [7]. Потери урожая огурца в пленочной теплице, по данным В. Л. Налобовой [5], могут достигать 30,9 %.

### Материалы и методика исследований

Материалом для исследований служили пораженные мучнистой росой растения тыквенных культур: тыквы, кабачка, патиссона, дыни, арбуза и огурца, выращиваемого в открытом и защищенном грунте. Пораженные болезнью образцы отбирали во время проведения маршрутных обследований в хозяйствах республики.

Диагностику и идентификацию возбудителя болезни проводили согласно систематике грибов и грибоподобных организмов, разработанной Л. В. Гарибовой, С. Н. Леконцевой [2], и по определителям, используемым в фитопатологии [8, 12].

Видовую принадлежность возбудителя мучнистой росы определяли по конидиальной стадии по методике G. S. Nady [16] на основании формы, размера конидий, типа их прорастания и наличия фиброзных тел и подтверждали методами молекулярно-генетического анализа [9].

Интенсивность проявления болезни определяли глазомерно по площади пораженной поверхности листьев (таблица 1), используя специально разработанные шкалы в баллах согласно классификатору СЭВ [13].

Развитие болезни рассчитывали по формуле [6].

$$R = \frac{\sum(a \times b) \times 100}{N \times K},$$

где:

R – развитие болезни, %;

$\sum(a \times b)$  – сумма произведений числа больных растений на соответствующий им балл поражения;

N – общее количество учетных растений, листьев, плодов;

K – наивысший балл шкалы учета.

### Результаты исследований и их обсуждение

Мучнистая роса поражает все тыквенные культуры – тыкву, кабачок, патиссон, огурец и арбуз (рисунок 1, 2, 3). На листьях, стеблях и черешках образуется белый войлочный налет. На листьях болезнь проявляется сначала в виде отдельных пятен, а затем вся пораженная поверхность покрывается налетом. Листья буреют и засыхают, при сильном поражении засыхают целые плети. Образующийся налет состоит из грибницы и конидиального спороношения.

За период проведенных исследований (2013–2017 гг.) отмечено поражение мучнистой росой растений кабачка, патиссона, тыквы и огурца в открытом и защищенном грунте, в 2016 г. – арбуза.

В результате проведенного мониторинга посадок тыквенных культур в 2016 г. мучнистая роса отмечена на огурце (гибрид Кураж F<sub>1</sub>) в защищенном грунте, развитие болезни составило 22,2 %. Растения кабачка 3-х сортов (Альбин, Ананасный, Грибовский) и тыквы 3-х сортов (Золотая корона, Дельта, Чырвоная) поражались мучнистой росой на 44,4–55,5 %. Развитие болезни на растениях патиссона сорта Солнцедар достигало 51,1 %. На растениях огурца и арбуза, выращиваемых в открытом грунте, отмечено очаговое поражение растений.

При идентификации возбудителей мучнистой росы тыквенных культур установлено, что болезнь вызывают 2 вида патогенов: *Erysiphe cichoracearum* (DC.) и *Sphaerotheca fuliginea* Poll. с преобладанием первого.

Возбудители мучнистой росы *Erysiphe cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum* и *Sphaerotheca fuliginea* Poll. f. *cucumidis* Jacz. относятся к родам *Erysiphe* и *Sphaerotheca*, порядку Erysiphales (Настоящие мучнисторосые), классу Ascomycetes (Настоящие сумчатые или плодосумчатые грибы), отделу Ascomycota (Аскомикота), царству Fungi, Мусота (Настоящие грибы).

Таблица 1 – Шкала степени поражения растений болезнями

Балл поражения	Развитие болезни, %
1	поражение отсутствует или очень слабое, менее 10
3	поражение слабое, менее 10–25
5	поражение 26–50
7	поражение 51 – 75
9	поражение более 75, очень сильное



Рисунок 1 – Мучнистая роса тыквы и кабачка

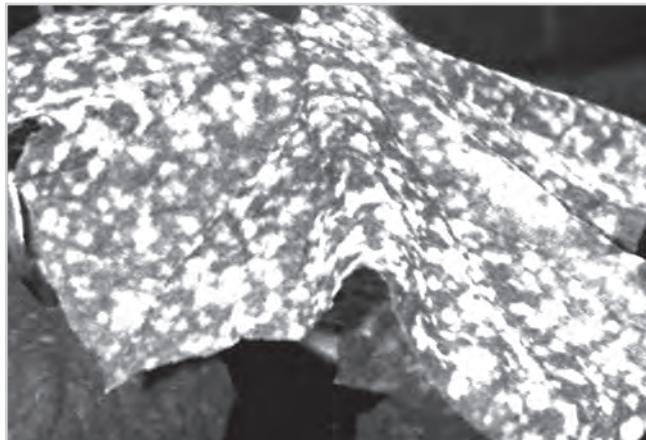


Рисунок 2 – Мучнистая роса огурца из открытого и защищенного грунта



Рисунок 3 – Мучнистая роса арбуза

Гриб *S. fuliginea* в 2013–2015 гг. отмечен на растениях огурца, тыквы, кабачка, патиссона в открытом грунте и на растениях огурца в защищенном грунте. В 2016 г. этот патоген зафиксирован на растениях огурца в защищенном грунте. Гриб *E. cichoracearum* отмечен в открытом грунте на растениях огурца, кабачка, тыквы, патиссона и арбуза.

Оба возбудителя мучнистой росы являются облигатными паразитами (т. е. живущими только за счет живых тканей растения-хозяина, и вне его не способны самостоятельно существовать).

В результате изучения морфологических признаков возбудителей мучнистой росы установлено, что отличительной особенностью гриба *S. fuliginea* от гриба *E. cichoracearum* является величина и форма конидий, расположение ростковых трубок при прорастании конидий, наличие включений в виде фиброзных тел и окраска мицелия. Дифференцирующим признаком является возможность заражения растений арбуза грибом *E. cichoracearum*.

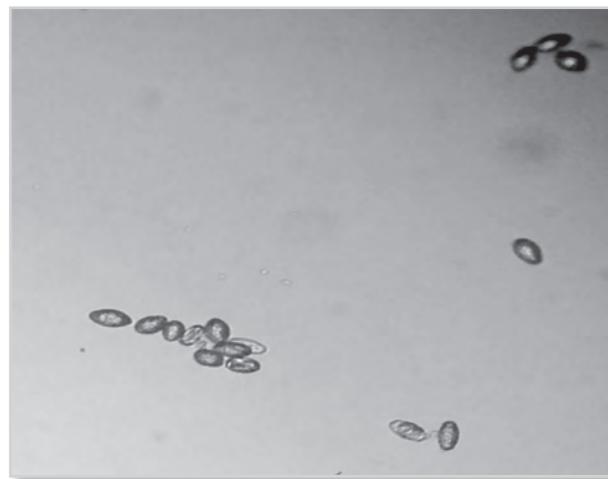


Рисунок 4 – Конидии *E. cichoracearum* и *S. fuliginea*

Величина конидий у гриба *S. fuliginea* составляет 22–36 × 15–24 микрон, они эллипсоидной и боченковидной формы, ростковые трубки расположены сбоку, часто имеют вилкообразную форму (рисунок 4). Количество вилкообразных проростков колеблется от 15 до 50 %. У конидий имеются включения в виде фиброзных тел, четко различимые в 3%-ном растворе КОН.

У гриба *E. cichoracearum* величина конидий составляет 24–39 × 13–18 микрон, отношение ширины к длине равно 2,0. Конидии цилиндрической формы, имеют ростковые трубки, расположенные в углу, включения в виде фиброзных тел отсутствуют (таблица 2).

Мучнистый налет гриба *E. cichoracearum*, состоящий из мицелия и конидий, белый, обильный, иногда с плодовыми телами в виде мелких черных точек. Плодовые тела содержат несколько сумок, в которых по 2 споры. У гриба *S. fuliginea* мучнистый налет белый или бледно-желтоватый, обильный с плодовыми телами, в которых содержится по одной сумке с 5–8 спорами. Конидии у обоих видов в цепочках. Следует отметить, что у гриба *S. fuliginea* отмечаются единичные случаи наличия окрашенного мицелия.

Дифференциация возбудителей мучнистой росы на перечисленные виды по морфологическим признакам подтверждена молекулярно-генетическим методом.

Молекулярный анализ на наличие специфической нуклеотидной последовательности ITS1 (internal transcribed spacer region) порядка *Erysiphales* с применением пары праймеров PN23/PN34 и 5.8S субъединицы рибосомной ДНК *Podosphaera xanthii* (син. *Sphaerotheca fuliginea*) с использованием пары праймеров S1/S2 [14, 15] указывает на наличие двух видов – *E. cichoracearum* и *S. fuliginea* (рисунок 5).

Штаммы гриба *E. cichoracearum*, выделенные из растений тыквы, кабачка, патиссона, огурца и арбуза, покрываются белым пушистым налетом спороношения (конидии цилиндрической формы, при прорастании конидий ростковые трубки у них расположены сбоку) и различаются между собой только по величине конидий. Более крупные ко-

нидии отмечены у штаммов из растений тыквы, кабачка и патиссона, более мелкие – из огурца и арбуза (таблица 3).

При перекрестной инокуляции штаммы гриба *E. cichoracearum*, выделенные из пораженных мучнистой росой растений огурца, кабачка, тыквы, патиссона и арбуза, поражали растения огурца, кабачка, тыквы, патиссона, дыни и арбуза. Что касается гриба *S. fuliginea*, то отмечено заражение растений огурца, кабачка, тыквы, патиссона и дыни. Арбуз не поражен грибом *S. fuliginea* (таблица 4). Следовательно, **выявлена внутривидовая вариабельность возбудителей мучнистой росы тыквенных культур.**

В процессе исследований проведен анализ сортообразцов огурца на пораженность мучнистой росой. Установлено, что в меньшей степени мучнистой росой поражались сорт Верасень и гибрид Дельтостар F<sub>1</sub>, развитие болезни у данных сортообразцов достигало 11,1 %. Болезнь не отмечена на сорте Зарница и гибриде Янус F<sub>1</sub>. Из всех анализируемых сортообразцов более сильно бо-

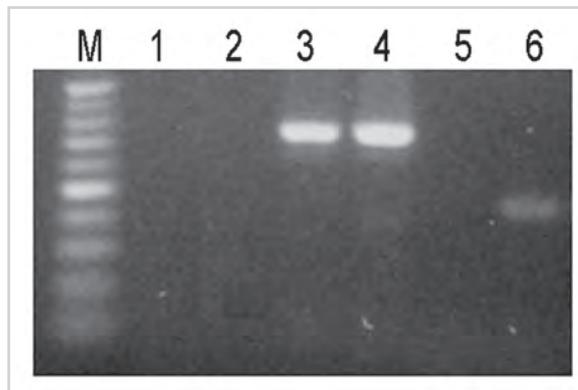


Рисунок 5 – М – маркер молекулярного веса ДНК; 1, 2, 5 – контрольные растения (тыква, кабачок, огурец); 3, 4, 6 – ДНК образцов, пораженных мучнистой росой; 3, 4 – праймеры PN23/PN34 (*E. cichoracearum*); 6 – праймеры S1/S2 (*S. fuliginea*).

Таблица 2 – Отличительные особенности видов *E. cichoracearum* и *S. fuliginea*

Признак	<i>E. cichoracearum</i>	<i>S. fuliginea</i>
Форма конидий	цилиндрическая	эллипсоидная и боченковидная
Величина конидий (длина × ширина), микрон	24–39 × 13–18	22–36 × 15–24
Расположение ростковых трубок при прорастании конидий	в углу конидий	сбоку конидии
Включения в виде фиброзных тел	нет	есть

Таблица 3 – Характеристика штаммов гриба *E. cichoracearum*, выделенных с растений тыквенных культур

Признак	Штамм				
	тыква	кабачок	патиссон	огурец	арбуз
Окраска спороношения	белая	белая	белая	белая	белая
Форма конидий	цилиндрическая	цилиндрическая	цилиндрическая	цилиндрическая	цилиндрическая
Величина конидий (длина x ширина), микрон	24–39 × 13–18	23–36 × 11–19	24–38 × 12–17	22–36 × 13–16	22–37 × 13–17
Расположение ростковых трубок при прорастании конидий	в углу конидий				

Таблица 4 – Перекрестная инокуляция представителей семейства тыквенных культур возбудителями мучнистой росы

Культура	Штамм				
	гриб <i>E. cichoracearum</i>				гриб <i>S. fuliginea</i>
	огурец	кабачок	тыква	патиссон	огурец
Огурец	+	+	+	+	+
Кабачок	+	+	+	+	+
Тыква	+	+	+	+	+
Патиссон	+	+	+	+	+
Дыня	+	+	+	+	+
Арбуз	+	+	+	+	–

Таблица 5 – Пораженность сортообразцов огурца мучнистой росой

Открытый грунт			Защищенный грунт		
№ п/п	сортообразец	развитие болезни, %	№ п/п	сортообразец	развитие болезни, %
1	Янус F <sub>1</sub> (ст.)	0	1	Дельтостар F <sub>1</sub>	11,1
2	Зарница	0	2	Кураж F <sub>1</sub> (ст.)	33,3
3	Верасень	11,1	3	Зозуля F <sub>1</sub>	55,5
4	Свитанак	33,3	4	Яни F <sub>1</sub>	77,7

лезнь проявилась на растениях гибрида Яни F<sub>1</sub>, где развитие болезни достигало 77,7 % (таблица 5).

**Выводы**

Мучнистую росу тыквенных культур в Беларуси вызывают два патогена: грибы *E. cichoracearum* и *S. fuliginea*, которые поражают растения огурца, кабачка, тыквы, патиссона, дыни. Растения арбуза поражаются только грибом *Erysiphe cichoracearum* DC. f. *cucurbitacearum*.

**Литература**

- Бондарцев, А. С. Грибные паразиты Воронежской губернии, собранные летом 1912 года / А. С. Бондарцев, Л. В. Лебедева // Материалы по микологическому обследованию России. – СПб., 1914. – Вып. 1. – С. 39–57.
- Гарибова, Л. В. Основы микологии: морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов / Л. В. Гарибова, С. Н. Лекомцева. – М.: «Товарищество научных изданий КМК», 2005. – 220 с.
- Дорожкин, Н. А. Видовой состав и некоторые вопросы биологии возбудителей мучнистой росы огурцов в условиях Белоруссии / Н. А. Дорожкин, М. А. Капельян // Овощеводство: межвед. тем. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства. – Минск, 1975. – Вып. 3. – С. 60–63.
- Комарова, М. С. Биологическое обоснование мер борьбы с болезнями огурца в закрытом грунте в условиях БССР: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.11 / М. С. Комарова; Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства. – Самохваловичи, 1982. – 19 с.

- Налобова, В. Л. Селекция огурца на устойчивость к болезням / В. Л. Налобова. – Минск: ООО «Белпринт», 2005. – 200 с.
- Основные методы фитопатологических исследований / А. Е. Чумаков [и др.]; ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1974. – 190 с.
- Пивоваров, В. Ф. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений / В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая, Н. Н. Балашова. – М., 1994. – 249 с.
- Пидопличко, М. М. Грибы – паразиты культурных растений: определитель / М. М. Пидопличко. – Киев: Наукова думка, 1977. – Т.1. – 295 с.
- Подутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Подутов, О. Ю. Баранов, Б. В. Воробаев. – Минск: Юнипол, 2007. – 176 с.
- Рытов, М. В. Болезни и повреждения культурных растений / М. В. Рытов. – М.: Новая деревня, 1923. – 185 с.
- Сапогова, А. А. Защита огурцов от мучнистой росы в открытом грунте / А. А. Сапогова // Овощеводство: межвед. тем. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства. – Минск, 1975. – Вып. 3. – С. 77–79.
- Определитель болезней растений / М. К. Хохлаков [и др.]. – Л.: Колос, 1966. – 592 с.
- Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ вида *Cucumis sativus* L. – Л., 1980. – 28 с.
- Virulence variation and DNA polymorphism in *Sphaerotheca fuliginea*, causal agent of powdery mildew of cucurbits / M. Bardin [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. – 1997. – N 103. – P. 545–554.
- Differentiation of two Powdery mildews of sunflower (*Helianthus annuus*) by PCR-mediated method based on ITS sequences / R. Chen [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. – 2008. – N 121. – P. 1–8.
- Nagy, G. S. Life Cycle and Epidemiology of *Erysiphe cichoracearum* and *Sphaerotheca fuliginea* / G. S. Nagy // Acta Phytopathol. – 1976. – Vol. 11, N 3/3. – P. 205–210.