

DOI: 10.5281/zenodo.3596660

УДК: 635.621 : 632.482.112

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ВОЗБУДИТЕЛЯ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ТЫКВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ И ТЕПЛИЧНЫХ ОЧАГАХ

Аркадий НИКОЛАЕВ¹, Ирина МАКСИМОВА², Светлана НИКОЛАЕВА¹

¹ Институт Генетики, Физиологии и Защиты растений, Академия Наук Молдовы, Республика Молдова

² Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Россия

Abstract. The synonyms of cucurbitaceous crops powdery mildew causative agents are presented in the paper. The criteria used for species identification according the anamorphic stage are given and their taxonomic value is characterized. The authors analyzed 6 samples of powdery mildew pathogens isolated from zucchini, cucumbers and melons. It is shown that 5 isolates belong to the species *Golovinomyces cichroacearum*, and one is *Podosphaera xanthii*. A perfect stage has not been detected in any of the isolates. None of the *G. cichroacearum* isolates was able to infect cucumbers (cv. Konkurent) in the field. The detection of the pathogen species should be taken into consideration by plant protection specialists and by breeders when breeding cucurbitaceous crops for plant resistance against the certain species of pathogens or their complex.

Key words: Cucurbitaceous crops; Powdery mildew; *Golovinomyces cichroacearum*; *Podosphaera xanthii*; Identification; Anamorphic stage.

Реферат. В статье приводятся синонимы возбудителей мучнистой росы тыквенных культур. Указываются критерии, используемые для идентификации видов по анаморфной стадии, и характеризуется их таксономическая ценность. Авторами проанализировано 6 образцов возбудителей мучнистой росы из кабачков, огурцов и дыни. Показано, что 5 изолятов принадлежат к виду *Golovinomyces cichroacearum* и один к виду *Podosphaera xanthii*. Ни у одного из изолятов не обнаружена совершенная стадия. Ни один из изолятов *G. Cichroacearum* не заражал в поле огурцы сорта Конкурент. Определение вида возбудителя следует учитывать и принимать во внимание фитопатологам, селекционерам при селекции тыквенных культур на устойчивость растений к отдельным видам возбудителей или их комплексу, а также специалистам по защите растений.

Ключевые слова: Тыквенные культуры; Мучнистая роса; *Golovinomyces cichroacearum*; *Podosphaera xanthii*; Идентификация; Анаморфная стадия.

ВВЕДЕНИЕ

В качестве возбудителей мучнистой росы тыквенных культур чаще всего упоминаются два вида *Podosphaera xanthii* и *Golovinomyces cichroacearum* (Bardin, M. et al. 1999; Lebeda, A. 2011; Peres-Garcia, A. et al. 2009; Velcov, N., Mashrva, S. 2009). Оба патогена принадлежат к семейству *Erysiphaceae*, состоящему из 16 родов и примерно 650 видов (Braun U. et al. 2002).

Возбудители мучнистой росы являются биотрофами и не могут жить без растения – хозяина. Неблагоприятные условия они переносят благодаря способности формировать плодовые тела клейстотеции.

В прошлом, а зачастую и в настоящее время, идентификация патогенов не всегда осуществлялась должным образом. В литературе прошлых лет два главных вида возбудителей часто путали и считали синонимами (McCreight, J.D. et al. 1987). Так в США в 1925 году возбудитель мучнистой росы на дыне относили к *Erysipheci choracearum*, а в 1968 уже считали возбудителем мучнистой росы гриб *Sphaerot hecafuliginea* (Paulus A.O. и др.. 1969). Организм, который сейчас называют *P. Xanthii*, ранее относили к *Sphaerot hecafuliginea* (Schlecht. Ex Fr.) Poll.. Другими синонимами этого вида являются *Sphaerothe cafusca* (Fr.) Blumeremend. U. Braun (del Pino D. и др. 2002; Lopez-Ruiz, F.J. и др.. 2010), *Sphaerothe cacucurbitae* (Jacz.) Z.Y. Zhao (Haramoto M. и др. 2006; Morishita M. и др.. 2003) и *Podosphaera fusca* (Perez-Garcia, A. et al. 2009; Uchida, K. et al. 2009).

Второй патоген *Golovinomyces cichroacearum* ранее относили к *Erysiphe orontii*

Cast. Emend. U. Braun (del Pino D. и др. 2002), *Erysiphe cichroacearum* (DC ex Merat) (Kristkova E., and Lebeda, A., 2000) и *Golovinomyces orontii* (Castagne) V.P. Heluta (Nunes-Palenius, H.G., Hopkins, D. Cantliffe, D.J. 2006).

С целью определения родов возбудителей мучнистой росы исследователи использовали характеристики как анаморфных, так и телеоморфных стадий. Некоторые исследователи считают, что размеры конидий у представителей *Erysiphaceae* перекрываются и поэтому имеют низкую диагностиче-

скую ценность. В тоже время индекс формы (отношение длины конидий к ширине) является более надежным критерием для отличия между видами *P. Xanthii* и *G. Cichoracearum* (Rankovic, B. 2003). Так как сумчатые структуры морфологически зависят от условий среды и не всегда развиваются на всех растениях-хозяевах и во всех регионах, в последнее время исследования анаморфных структур становится все более употребительным (Tomason, Y., Gibson, P.T. 2006; Cook, R.T., Braun, U. 2009).

Описание картины характера прорастания конидий (место формирования ростковой гифы при прорастании конидий, форма первичной аппрессории) также предлагаются в качестве одного из критериев быстрой идентификации видов возбудителей мучнистой росы в отсутствии телеоморфных стадий (Cook, R.T., Braun, U. 2009).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований были образцы конидиального спороношения изолятов возбудителей мучнистой росы на кабачках, произраставших на экспериментальном участке Института Генетики, Физиологии и Защиты растений. Кабачки росли изолированными очагами, располагавшимися вокруг нашего мелко-деляночного опыта с огурцами. Расстояние от огурцов до делянок с кабачками было не менее 300 метров и не превышало расстояния 1 км.

Мучнистая роса была обнаружена в пяти точках.

Образец №1 был выделен из пораженного растения кабачка, который рос в одном из боксов теплицы по соседству с огурцами, но на огурцах поражения не было.

Самый близкий к нашему полевому опыту участок кабачков располагался в середине массива опытов с делянками сои. Это образец №2. Мучнистой росой с этого образца были заражены кабачки, росшие рядом с нашим мелко-деляночным опытом. Расстояние до ближайшей делянки огурцов было не более 10 метров. Несмотря на то, что кабачки заразились, на огурцах симптомов заражения не появилось.

Изолят №3 был взят из кабачков, произраставших на расстоянии не менее 500 метров от нашего полевого опыта. Суспензией конидий этого изолята также были заражены кабачки рядом с образцом №2. Заражение также оказалось успешным, но огурцы с нашим опытом также не обнаруживали симптомов поражения.

Изолят №4 был взят с кабачков, произраставших на участке с эфирно-масличными культурами, который располагался на расстоянии 300-400 метров от нашего полевого опыта с огурцами. Этот изолят также был перенесен на кабачки рядом с нашим полевым опытом с огурцами.

Изолят №5 был взят из огурцов в одном из блоков теплиц. Суспензией конидий с этого изолята были заражены наши огурцы в теплице. Заражение оказалось успешным.

Изолят №6 был выделен нами из дыни, произраставшей в этой же теплице. Заражения в поле этим изолятом не проводились, так как он был выделен в первой декаде сентября, когда мелко-деляночный опыт был уже ликвидирован.

Плодовых тел возбудителя болезни ни на одном из очагов поражения растений обнаружено не было. Поэтому идентификация вида патогена проводилась по конидиальной стадии.

Определение размеров конидий и индекса формы конидий осуществляли по цифровым изображениям по методике, опубликованной нами ранее (Николаев, А., Максимова, И., Николаева, С. 2018).

Идентификация вида возбудителя мучнистой росы осуществлялась по методике, также описанной нами (Николаев, А., Николаева, С. 2018).

Конидии каждого изолята контактным способом переносились на предметные стекла и помещались во влажные камеры в чашках Петри для прорастания и последующих биометрических измерений. Проросшие во влажных камерах конидии фотографировались для получения картины характера прорастания конидий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты исследований представлены нами в таблице №1 и на рисунках №1 и 2.

Как видно из рисунка 1 изоляты прорастали субтерминальным ростком. По индексу формы конидий у всех изолятов конидии близки к цилиндрическим (таблица 1). Это позволяет считать

все эти изоляты относящимися к роду *Erysiphe* (Николаев А.Н., Николаева, С.И. 2018).

По размерам конидий некоторые изоляты отличались друг от друга существенно, что свидетельствует о возможности значительного влияние внешних условий на этот показатель. Так изолят №4 имел самый больший размер конидий, а изолят №5 самый малый размер конидий и эти различия были существенными. Это позволило некоторым исследователям считать размер конидий менее значимым статистическим критерием, чем характер прорастания, расположения и формы проростка при прорастании конидий (Соколов, Ю.В. 2007).

Rankovic, B. (2003) считал индекс формы конидий более ценным таксономическим критерием, а Cook, R.T. и Braun, U. (2009) большое значение придают характеру картины прорастания конидий.

Таким образом, диагностика по анаморфной стадии у возбудителей мучнисто-росянных болезней тыквенных культур в последнее время стала важным инструментом их идентификации.

Одним из первых российских исследователей, применивших идентификацию возбудителей мучнисторосянных болезней тыквенных культур в России по конидиальной стадии, был Ю.В. Соколов (2007). На основании своих исследований Ю.В. Соколов пришел к выводу, что идентификация мучнисто-росянных грибов по анаморфной стадии является надежным инструментом определения вида мучнистой росы при отсутствии телеоморфной стадии патогенов.

Нами в 2018 году также было показано, что по совокупности различных критериев анаморфной стадии можно успешно дифференцировать представителей *Erysiphe cichoracearum* и *Sphaerothea cafuliginea* на тыквенных культурах в Молдове (Николаев, А.Н., Николаева, С.И. 2018).

Отличительной особенностью изолятов возбудителей мучнистых рос, выделенных нами из кабачков в 2019 году, является то, что среди них не было представителей рода *Sphaerotheca*.

Ни один из выделенных нами изолятов не формировал сумчатую стадию цикла развития. В то же время в 2018 году нами было показано, что в Молдове оба возбудителя могут развиваться одновременно и даже вызывать смешанные заражения огурцов (Николаев, А.Н., Николаева, С.И. 2018).

Кроме этого большое значение имеет сорт растений (степень устойчивости или восприимчивости его). Под влиянием сорта патогены могут формировать расы, отличающиеся по способности заражать определенные сорта. При этом у каждого вида патогена процессы расообразования могут идти параллельно и независимо друг от друга.

В литературе встречаются сведения о том, что устойчивость к фунгицидам может проявляться даже на отдельных изолятах гетероталличного мицелия одного из комплементарных типов спаривания. Гетероталлизм повышая генетическое разнообразие в результате половой рекомбинации, может привести и к появлению новой комбинации генов вирулентности с генами устойчивости к фунгицидам (McGrath, M.T, Staniszewska, H., Shishkoff, N. 1996).

Определение вида возбудителя следует учитывать и принимать во внимание селекционерам при селекции тыквенных культур на устойчивость растений к отдельным видам возбудителей или их комплексу.

Так как устойчивость к фунгицидам у разных видов возбудителей мучнистой росы может формироваться независимо, то это может иметь значение также для грамотного подбора фунгицидов при построении системы эффективной борьбы с болезнями этого типа.

Ю.В. Соколов (2007) на основании своих исследований пришел к выводу, что изоляты мучнистой росы *E. Cichoracearum* и *S. fuliginea*, выделенные на арбузе, дыне, тыкве, огурце перекрестно заражают каждую из перечисленных культур. Не заражается мучнистой росой люффа.

Все выделенные нами изоляты были перенесены на кабачки, высеянные рядом с нашим мелко-деляночным опытом на огурцах. Несмотря на это на протяжении всего периода вегетации на огурцах не было обнаружено ни одного пятна мучнистой росы. Это свидетельствует о том, что или все изоляты, выделенные нами из кабачков, не имели генов вирулентности к огурцам или наши огурцы были устойчивыми ко всем, выделенным нами изолятам *Erysiphecichoracearum*.

Изолят №6, выделенный из дыни, отличался от всех вышеуказанных по всем показателям –по размерам, по индексу формы и по характеру прорастания конидий. Конидии этого изолята были крупнее и по длине и по ширине, а также отличались по индексу формы конидий(таблица).

Таблица 1. Биометрическая характеристика конидий исследованных изолятов мучнистой росы

Номер изолята	Средний размер конидий в мкм		Индекс формы
	Длина конидий	Ширина конидий	
№1	29,53±0,69	14,67±0,35	2,01
№2	29,23±0,8	14,86±0,4	1,97
№3	28,43±0,37	15,73±0,23	1,81
№4	33,45±1,05	16,53±0,35	2,02
№5 – Изолят из огурцов .	26,09±0,69	15,12±0,25	1,73
№ 6 – Изолят из дыни	31,27±0,32	20,54±0,22	1,52

Характер прорастания конидий также отличался по месту прорастания (конидии формировали росток не субтерминально, а со стороны широкой части конидии и росток был нередко виллообразно ветвящимся). Сказанное подтверждается рисунком 2.

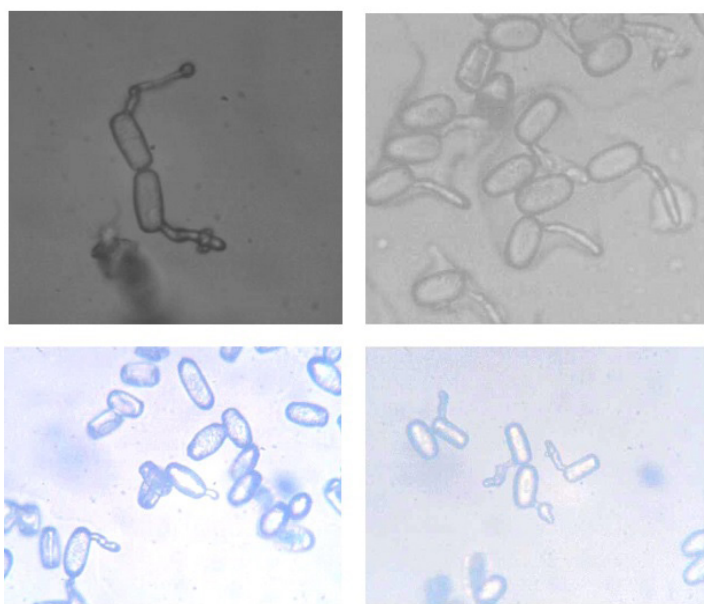


Рисунок 1. Характер прорастания конидий у изученных изолятов возбудителей *мучнистой росы кабачков* (Верхний ряд слева направо изоляты №1 и №2; нижний ряд – изоляты 3 и 4)

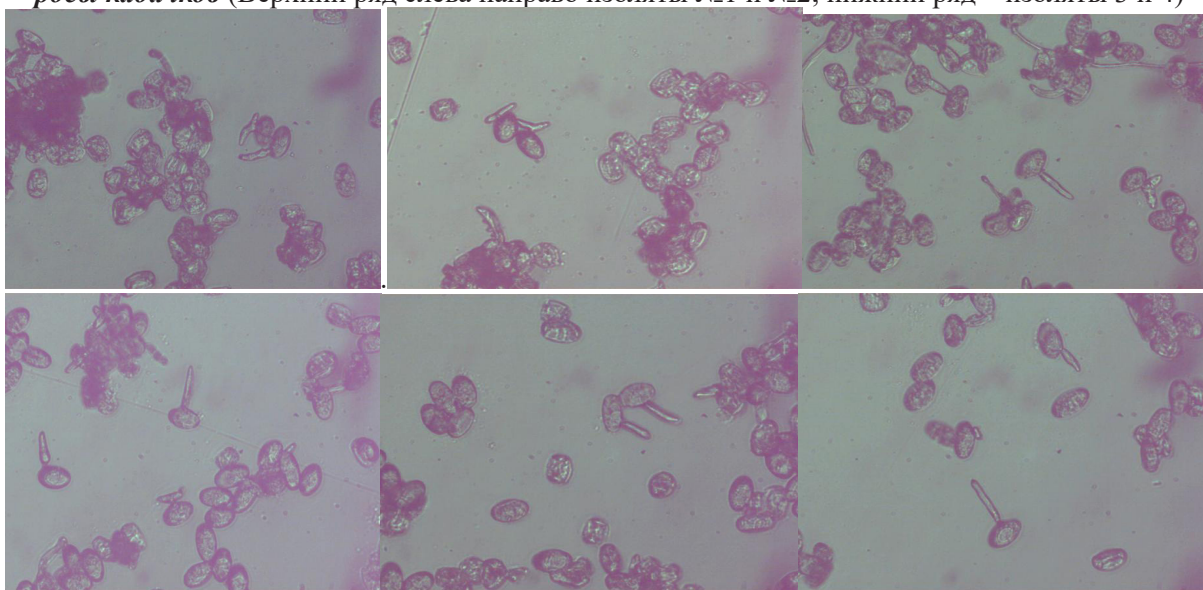


Рисунок 2. Виды прорастания конидий, возбудителя болезни мучнистой росы из дыни (образец №6) (на трех верхних вкладках видны конидии, проросшие виллообразно разветвленными ростками)

По совокупности биометрических и морфологических признаков, данный изолят принадлежит к виду *Podosphaeraxanthii*.

Данный вопрос будет изучаться нами в специальных опытах с искусственными заражениями огурцов и других представителей тыквенных культур.

ВЫВОДЫ

Из шести выделенных изолятов возбудителей мучнистой росы тыквенных культур в 2019 году идентифицировано 5 изолятов, относящихся к виду *Golovinomyces cichoracearum* и один изолят *Podosphaeraxanthii*.

Надежная методология идентификации возбудителей мучнистой росы тыквенных культур по конидиальной стадии позволяет уверенно увязывать исследования с конкретными видами возбудителей мучнистой росы, что является очень важным для селекционеров, фитоиммунологов, микологов, ботаников, фитопатологов, токсикологов и специалистов по защите растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. BARDIN, M., CARLIER, J., NICOT, P.C. (1999). Genetic differentiation in the French population of *Erysiphe cichoracearum*, a causal agent of powdery mildew of cucurbits. In: Plant Pathology, vol. 48(4), pp. 531-540. DOI 10.1046/j.1365-3059.1999.00380.x
2. COOK, R.T.A., BRAUN, U. (2009). Conidial germination patterns in powdery mildews. In: Mycological Research, vol. 113(5), pp. 616-36. DOI: 10.1016/j.mycres.2009.01.010
3. HARAMOTO, M., HAMAMURA, H., SANO, S., FELSENSTEIN, F. G., OTANI, H. (2006). Sensitivity monitoring of powdery mildew pathogens to cyflufenamid and the evaluation of resistance risk. In: Journal of Pesticide Science (Japan), vol. 31, pp. 397-404. ISSN 1348-589X.
4. KRISTKOVA, E., LEBEDA, A. (2000). Powdery Mildew Field Infection on Leaves and Stems of Cucurbita pepo Accessions. In: ISHS Acta Horticulturae 510: VII Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding. DOI 10.17660/ActaHortic.2000.510.9
5. LÓPEZ-RUIZ, F.J., PÉREZ-GARCÍA, A., FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D., ROMERO, D., GARCÍA, E., DE VICENTE, A., BROWN, J.K., TORÉS, J.A. (2010). Sensitivities to DMI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain. In: Pest Management Science, 66(7), pp. 801-808. DOI 10.1002/ps.1948.
6. McCREIGHT, J.D., PITRAT, M., THOMAS, C.E., KISHABA, A.N., BOHN, G.W. (1987). Powdery mildew resistance genes in muskmelon. In: J. of the American Society for Horticultural Science, vol. 112, pp. 156-160. ISSN 0003-1062.
7. MORISHITA, M., SUGIYAMA, K., SAITO, T., SAKATA, Y. (2003). Powdery mildew resistance in cucumber. In: Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ, vol. 37(1), pp. 7-14. DOI 10.6090/jarq.37.7
8. NUNEZ-PALENIUS, H.G., HOPKINS, D., CANTLIFFE, D.J. (2006). Powdery mildew of cucurbits in Florida. HS-1067. (Viewed 18.12.2019). Available: ef283dfcacb140070eb63b12bbb8d9a9452.pdf
9. PAULUS, A.O., SHIBUYA, F., OSGOOD, J., BOHN, G.W., HALL, B.J., WHITAKER, T.W. (1969). Control of powdery mildew of cucurbits with systemic and non-systemic fungicides. In: Plant Disease Reporter, vol. 53, pp. 813-816.
10. PEREZ-GARCIA, A., ROMERO, D., FERNANDEZ-ORTUNO, D., LOPEZ-RUIZ, F., DE VICENTE, A., TORES, J.A. (2009). The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. In: Molecular Plant Pathology, vol. 10(2), pp. 153-160. DOI 10.1111/j.1364-3703.2008.00527.x.
11. RANKOVIC, B. (2003). Powdery mildew fungi (order Erysiphales) on plants in Montenegro (Chernogoria). In: Mikologiya i Fitopatologiya, vol. 37(3), pp. 42-52. ISSN 0026-3648.
12. VELKOV, N., MASHEVA, S. (2002). Species and races composition of powdery mildew on cucurbits in Bulgaria. In: Cucurbit Genetics Cooperative Report, vol. 25, pp. 7-10. ISSN 1064-5594.
13. НИКОЛАЕВ, А.Н., МАКСИМОВА, И., НИКОЛАЕВА, С.И. (2018). Определение размеров микроскопических объектов по цифровым изображениям. В: Studia Universitatis Moldaviae. Seria științe reale și ale naturii. Biologie, nr. 6(116), pp. 59-64. ISSN 1814-3237.
14. НИКОЛАЕВ, А.Н., НИКОЛАЕВА, С.И. (2018). Идентификация видов возбудителей мучнистой росы огурцов по конидиальной стадии в условиях Молдовы. В: Защита Растений в Традиционном и Экологическом Земледелии: межд. науч. конф., 10-12 дек. 2018 Кишинев, с. 101-105. ISBN 978-9975-108-52-2.
15. СОКОЛОВ, Ю.В. Разработка и усовершенствование методики селекции арбуза и дыни на устойчивость к мучнистой росе: автореф. дис. ... канд. с.-х наук. Астрахань, 2007. 29 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

НИКОЛАЕВ Аркадий Николаевич*

кандидат биологических наук, доцент, Лаборатория фитопатологии и биотехнологии, Институт Генетики, Физиологии и Защиты растений, Академия Наук Молдовы, Республика Молдова

МАКСИМОВА Ирина Аркадьевна

кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Кафедра биологии почв, Факультет Почвоведения, Московский Государственный Университет им. Ломоносова, Москва, Россия,
E-mail: maximova.irina@gmail.com

НИКОЛАЕВА Светлана Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, исследователь, Лаборатория фитопатологии и биотехнологии, Институт Генетики, Физиологии и Защиты растений, Академия Наук Молдовы, Республика Молдова

**Corresponding author: arcadiinicolaev2@gmail.com*

Received: 24 September 2019

Accepted: 22 October 2019