

- Kingdom. *Communications Biology*. 2018;1:13. DOI: 10.1038/s42003-018-0013-y.
2. Olivera P., Newcomb M., Flath K., *et al.* Characterization of *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* isolates derived from an unusual wheat stem rust outbreak in Germany in 2013. *British Society for Plant Pathology*. 2017;66:1258–1266. DOI: 10.1111/ppa.12674.
 3. Bhattacharya S. Deadly new wheat disease threatens Europe's crops. *Nature*. 2017;542:145–146.
 4. Jin, Y., Singh, R. P., Ward, R. W., Wanyera, R., *et al.* Characterization of seedling infection types and adult plant infection responses of monogenic Sr gene lines to race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *Tritici*. *Plant Disease*. 2007;91:1096–1099.
 5. Stakman E.C., Stewart D.M., Loegering W.Q. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. United States Department of Agriculture — Agricultural Research Service. 1962. E-617 (rev).

КОМПЛЕКС ВИДОВ МИКРОМИЦЕТОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КЛУБНЯМИ КАРТОФЕЛЯ

Белосохов А.Ф.¹, Миславский С.М.², Ярмеева М.М.¹, Еланский С.Н.¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет;

²Российский университет дружбы народов, Аграрно-технологический институт, Москва

Картофель — важная сельскохозяйственная культура, объемы производства которой в России на 2020 год превышают 7,5 млн тонн. Несмотря на большую экономическую значимость картофельных инфекций, мониторинговые исследования грибов, участвующих в событиях патогенеза на картофеле, проводятся только для известных карантинных патогенов. Согласно полученным нами данным, комплекс видов микромицетов, ассоциированных с клубнями картофеля, и являющихся потенциальными активными участниками событий патогенеза намного шире, чем ранее представлялось, и постоянно расширяется.

В последнее время наблюдается динамика видового состава почвенных микромицетов, ассоциированных с клубнями картофеля. С 2017 по 2020 гг. мы исследовали клубни картофеля с коммерческих посадок в Московской области, респ. Адыгея, Краснодарского края, Магаданской, Калужской, Костромской, Тамбовской областей и респ. Саха-Якутия, взятые из почвы в вегетационный период и из хранилищ во время хранения. Выделенные в чистую культуру виды были идентифицированы по морфолого-культуральным и молекулярным признакам (использованы специфичные участки ITS1–5.8S-ITS2 и гена β -тубулина).

Мы обнаружили значительное разнообразие комплекса видов рода *Fusarium* на клубнях картофеля. В числе идентифицированных штаммов выявлено по меньшей мере 15 различных видов: *Fusarium acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. bulbicola*, *F. chlamydosporum*, *F. creokwellense*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. globosum*, *F. incarnatum*, *F. langsethiae*, *F. oxysporum*, *F. sambucinum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides*, *F. verticillioides*. В виду исключительной сложности идентификации видов и широкой изменчивости лишь часть видов поддается определению по морфологическим признакам, и секвенирование лишь по одному гену и ITS региону может оказаться недостаточным (Watanabe *et al.*, 2009; Summerell, 2019). Окончательное слово в составе комплекса видов рода *Fusarium* остается за молекулярной идентификацией по нескольким генам. С учетом этого, мы оставляем за собой предположение, что состав комплекса может быть пересмотрен с добавлением разделяемых молекулярно видов.

Были идентифицированы патогенные микромицеты, регулярно выделяемые из клубней картофеля: *Alternaria alternata*, *A. infectoria*, *A. oleracea*, *A. tenuissima*, *Cephalotrichum* sp., *Colletotrichum coccoides*, *Geotrichum candidum*, *Helminthosporium solani*, *Stemphylium solani*, *Verticillium dahliae*. А также условно-патогенные виды и вторичные патогены: *Curvularia lunata*, *Gliomastix murorum*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Stemphylium solani*, *Cephalotrichum gorgofiner*, *C. purpureofusum*. Статус некоторых микромицетов подлежит дальнейшему исследованию. Так, выявленный комплекс видов *Cladosporium* spp. с одной стороны содержит космополиты и вторичные патогены, с другой стороны, имеются данные о эндозитизме видов (Намаюн *et al.* 2009). В нашей работе некоторые штаммы были выделены непосредственно из здоровых тканей растений, а не с поверхности клубней, что может говорить о двойственности роли *Cladosporium* в событиях патогенеза.

С клубней картофеля были выделены виды, для которых имеются данные об их возможном участии в событиях патогенеза в качестве агентов контроля (Rivera-Varas *et al.*, 2009; Suqin & Wang, 2010; Demirci, Elif & Cafer, 2011; Singh *et al.*, 2013; Zhao, *et al.*, 2017): *Acrostagmus luteoalbus*, *Arthrotrichum oligospora*, *Chaetomium globosum*, *Metarhizium marquandii*, *Sarocladium strictum*, *Trichoderma citrinoviride*, *Trichoderma longibrachiatum*.

На картофеле выявлено несколько видов рода *Clonostachys* — известных агентов контроля против многих патогенных микромицетов, в том числе, грибов рода *Fusarium*: *Clonostachys compactiuscula*, *C. lasiacidis*, *C. pseudochochroleuca*, *C. rosea*, *C. rosea f. catenulata*, *C. rosea f. rosea*, *C. sequicillii*, *C. solani f. nigrovirens*. Разнообразие видов этого рода на клубнях изучено очень слабо. Такие виды как *C. lasiacidis*, *C. pseudochochroleuca* и *C. sequicillii* никогда ранее не были отмечены для картофеля.

Особое значение имеют виды, никогда ранее не отмечавшиеся для клубней картофеля: *Acremonium charticola*, *Acremonium minutisporum*, *Berkeleyomyces basicola*, *Botryotinia ranunculi*, *Cercospora beticola*, *Chaetomium uniseriatum*, *Didymella microchlamydospora*, *Entrophospora* sp., *Gibellulopsis nigrescens*, *Helminthosporium velutinum*, *Ilyonectria destructans*, *Penicillium steckii*, *Penicillium waksmanii*, *Pseudogymnoascus destructans*, *Septotinia populiperda*,

Ulocladium oudemansii. Всего 16 новых для клубней картофеля видов. Эксперименты по заражению показали, что *S. populiperda* и *C. uniseriatum* являются активными патогенами и способны инициировать первичное заражение и вызывать значительные повреждения клубней.

Наши данные свидетельствуют об изменении и расширении видового состава почвенных микромицетов, ассоциированных с клубнями картофеля. На клубнях обнаруживаются новые виды грибов из почвы, в том числе патогенные, что говорит о необходимости мониторинговых исследований почвенных грибов на картофеле и разработке новых методов защиты клубней.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант 20-016-00139).

Список литературы

1. Watanabe, M., Yonezawa, T., Lee, K. et al. Molecular phylogeny of the higher and lower taxonomy of the *Fusarium* genus and differences in the evolutionary histories of multiple genes. *BMC Evol Biol* 11, (2011): 322.
2. Summerell, Brett A. "Resolving *Fusarium*: current status of the genus." *Annual review of phytopathology* 57 (2019): 323–339.
3. Hamayun, M., Afzal Khan, S., Ahmad, N. et al. *Cladosporium sphaerospermum* as a new plant growth-promoting endophyte from the roots of *Glycine max* (L.) Merr.. *World J Microbiol Biotechnol* 25, (2009): 627–632.
4. Rivera-Varas, Viviana V., et al. "Mycoparasitism of *Helminthosporium solani* by *Acremonium strictum*." *Phytopathology* 97.10 (2007): 1331–1337.
5. Suqin, He, Jin Xiulin, and Wang Shengrong. "Antagonistic activity of *Acrostalagmus luteo-albus* against plant pathogenic fungi." *Journal of Gansu Agricultural University* (2010).
6. Demirci, Erkol, Elif Dane, and Cafer Eken. "In vitro antagonistic activity of fungi isolated from sclerotia on potato tubers against *Rhizoctonia solani*." *Turkish Journal of Biology* 35.4 (2011): 457–462.
7. Singh, Udai B., et al. "Arthrotrichy *oligospora*-mediated biological control of diseases of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) caused by *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani*." *Journal of applied microbiology* 114.1 (2013): 196–208.
8. Zhao, Shuang-Shuang, et al. "*Chaetomium globosum* CDW7, a potential biological control strain and its antifungal metabolites." *Microbiology Letters* (2017): 364.3.

РЖАВЧИНА ЗЛАКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗБС МГУ

Благовещенская Е.Ю.

Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Ржавчина — заболевание растений, вызываемое грибами порядка Pucciniales (Pucciniomycetes, Pucciniomycotina, Basidiomycota). Многие ржавчинные грибы являются известными патогенами сельскохозяйственных растений, в том числе хлебных злаков. Важной особенностью биологии этих организмов является то, что многие из этих патогенов имеют промежуточных хозяев среди дикорастущих растений и даже могут проходить весь свой жизненный цикл вне сельскохозяйственных угодий, имея в природных условиях своеобразное депо инфекции.

Исследование проводили на Звенигородской биологической станции имени С.Н. Скадовского Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (ЗБС МГУ). ЗБС МГУ расположена на западе Московской области и имеет статус ООПТ областного значения (заказник «Звенигородская биостанция МГУ и карьер Сима»). Наблюдения велись ежегодно с 2014 г. в течение вегетационного сезона.

Всего на ЗБС МГУ отмечено 78 видов ржавчинных грибов [1], из них 7 могут развиваться на различных видах сем. Роасеае (таблица). В том числе на территории присутствуют следующие патогены хлебных злаков: *Puccinia coronata* — возбудитель корончатой ржавчины овса, *P. graminis* — возбудитель стеблевой (линейной) ржавчины злаков, *P. recondita* — возбудитель бурой листовой ржавчины ржи и пшеницы, причем первые два отмечены на достаточно широком круге хозяев. Эти же

виды постоянно отмечаются на своих промежуточных хозяевах.

P. coronata развивает эциостацию на крушине, которая является массовым кустарником на территории ЗБС МГУ [2], и поэтому неудивительно, что развитие этого вида на различных злаках тоже происходит повсеместно; всего патоген отмечен на 6 дикорастущих злаках (таблица). А *P. graminis* развивается на единственном кусте барбариса, растущем непосредственно в центре поселка биостанции, так что, либо споровой нагрузки с этого куста хватает для покрытия территории биостанции, либо, что более вероятно, в развитии заболевания участвуют посадки барбариса на прилегающих к биостанции территориях. Также на злаках ЗБС МГУ постоянно развиваются еще 3 вида разнохозяиных ржавчинных грибов, и эпизодически в эциостации (на конском щавеле) отмечается 1 вид (*P. phragmitis*), основным хозяином которого должен быть тростник. Поскольку основной хозяин на территории заказника присутствует, то, вполне вероятно, в будущем этот вид будет отмечен и в стадии урединиев и телиев.

Все виды демонстрируют закономерную смену стадий в течение вегетационного сезона (рисунок), причем для многих видов периоды развития разных стадий перекрываются. Особенно это выражено у *P. poarum*, у этого вида эциостацию на листьях мать-и-мачехи можно обнаружить с весны и вплоть до наступления осени. Связано это с тем, что патоген дает две перекрывающихся