

Характеризиране и патогенност на български изолати *Phytophthora chlamydospora* при декоративни растителни видове

Петя К. Христова

АгробиоИнститут

1164 София, бул. Драган Цанков 8

E-mail: petyachristova@abi.bg

Резюме

Phytophthora chlamydospora е представител на клад 6 на род *Phytophthora* и е един от най-разпространените видове от този род във водна среда. В колекцията на род *Phytophthora*, създадена в Агробиоинститут, видът е представен от няколко изолата, два от които са обект на настоящото изследване. Изолатите RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b, произхождащи съответно от реките Черни Осъм и Черни Вит, се характеризират с петалоиден тип растеж на морковен агар, докато на карфотен агар образуват розовидни колонии. Двата изолата имат сходен модел на радиален растеж при култивиране на морковен агар в температурни граници от 5 до 30°C с температурен оптимум при 20°C. Изследваните изолати *P. chlamydospora* индуцират образуването на сходни симптоми при заразяване на листа от божур, роза и хортензия, но се различават по своята агресивност спрямо листа от лавровишна, като изолат RChVitTet2017/102b предизвиква развитието на значително по-силна некроза в сравнение с изолат RChOs2016/83b. Освен заразяване на листа, резултатите от допълнителни анализи показват способността на българските изолати *P. chlamydospora* да заразяват резници от хортензия и лавровишна. И двата изолата са определени като потенциално опасни патогени за декоративни растителни видове, отглеждани в разсадници, паркове, градини, както и в техните естествени местообитания.

Ключови думи: *Phytophthora*; клад 6; божур; роза; хортензия; лавровишна

Characterization and pathogenicity of Bulgarian isolates *Phytophthora chlamydospora* on ornamental plant species

Petya K. Christova

AgrobioInstitute, 1164, Sofia

E-mail: petyachristova@abi.bg

Citation

Christova, P. K. (2020). Characterization and pathogenicity of Bulgarian isolates *Phytophthora chlamydospora* on ornamental plant species. *Rastenievadni nauki*, 57(1) 109-115 (Bg)

Abstract

Phytophthora chlamydospora belongs to clade 6 of the genus *Phytophthora* and is one of the most common species of the genus in the aquatic environment. In the collection of the genus *Phytophthora* established at the AgrobioInstitute, the species is represented by several isolates, two of which are the subject of this study. The isolates *P. chlamydospora* RChOs2016/83b and RChVitTet2017/102b, originating from the rivers Cherni Osam and Cherni Vit, respectively, are characterized by petaloid growth on carrot agar, whereas on potato agar they form rosaceous colonies. The two isolates demonstrate radial growth rate on CA in temperature range from 5 to 30°C with temperature optimum at 20°C. The investigated *P. chlamydospora* isolates causes similar symptoms

on inoculated leaves of wild common peony, rose and hydrangea, but differ in their aggressiveness against leaves of cherry laurel, as the isolate RChVitTet2017/102b induces more severe necrosis than the isolate RChOs2016/83b. In addition to infection of leaves, the results of further analyses confirm the ability of the two Bulgarian isolates *P. chlamydospora* to infect cutting of wild hydrangea and cherry laurel. Both isolates have been identified as potentially dangerous pathogens for ornamental plant species grown in nurseries, parks, gardens and also in their natural habitats.

Keywords: *Phytophthora*; clade 6; common peony; rose; wild hydrangea; cherry laurel

P. chlamydospora, известна до 2015 г. като *P. taxon Pgchlamydo*, е представител на клад 6 на род *Phytophthora* (Hansen et al., 2015). Този оомицетен вид е разпространен в Европа, Северна и Южна Америка, Азия, Африка и Австралия. В България *P. chlamydospora* е съобщена за първи път през 2018 г. (Christova et al., 2018). *P. chlamydospora* е изолирана най-често от реки и влажни почви, поради което се смята, че водната среда е нейния основен хабитат. *P. chlamydospora*, заедно с *P. gonapodyides*, са сред най-разпространените представители на род *Phytophthora*, срещани в реки, потоци и други водни местообитания (Reeser et al., 2011; Huai et al., 2013; Hansen et al., 2015).

P. chlamydospora е позната като патоген по някои крайречни дървесни видове (Reeser et al., 2008; Sims, 2014; Navarro et al., 2015), но е изолирана също от градински разсадници (Jung & Blaschke, 2004; Yakabe et al., 2009) и много рядко от естествената флора (Jung et al., 2011). Установено е, че *P. chlamydospora* причинява заразяване на корени и листа основно на дървесни видове (Reeser et al., 2008; Yakabe et al., 2009; Sims, 2014; Hansen et al., 2015). Видът е изолиран от корените на видове от родовете *Abies* и *Pseudotsuga*, както и от декоративни видове от родовете *Prunus* и *Chamaecyparis* (Hansen et al., 2015). Доказано е, че *P. chlamydospora* причинява загиване на череша, както и гниене по корените на вишна (Kurbetli, 2014; Kurbetli et al., 2017). При мащабно проучване на разсадниците в Калифорния *P. chlamydospora* е изолирана от листата на редица декоративни видове със симптоми на заболяване, като чемшир (*Buxus*), камелия (*Camellia*), лаврово дърво (*Laurus*), ягодово дърво (*Arbutus*), магнолия (*Magnolia*), зърнастец (*Rhamnus*), секвоя (*Sequoia*), калина (*Viburnum*), азалия и рододендрон (*Rhododendron* sp.) (Yakabe et al., 2009). В Европа *P. chlamydospora* е изолирана от разсад-

ници и насаждения на калина (*Viburnum tinus*), рододендрон (*Rhododendron*), роза (*Rosa* spp.), лавровишна (*Prunus laurocerasus*), тис (*Taxus bacata*), боровинка (*Vaccinium nummularia*), праскова (*P. persica*), черна и бяла елша (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) (Jung et al., 2016).

Множество научни изследвания и епидемиологични проучвания показват, че разсадниците са важен източник за глобалното разпространение на видове от род *Phytophthora* (Stewart-Wade, 2011; Prospero et al., 2013; Junker et al., 2016). Машабен анализ на разпространението на *Phytophthora* в 23 държави в Европа, обхващащ 732 разсадника, произвеждащи горски дървени видове за залесяване, декоративни вечнозелени и цъфтящи растения, показва наличие на оомицетни видове в 91.5% от проучените обекти, независимо, че много често не са установени признаци на заболяване по растенията (Jung et al., 2016). Освен добре познатите комбинации от гостоприемник и силно вредоносен патоген от род *Phytophthora*, са открити редица непознати преди това взаимоотношения между потенциални гостоприемници и представители на оомицетите. Познаването на свойствата на тези патогени и най-вече техните гостоприемници сред декоративните растения, би допринесло за по-бърза диагностика и ограничаване на заразата.

Настоящото изследване има за цел да характеризира два български изолати *P. chlamydospora* - RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b, произхождащи съответно от реките Черни Осъм и Черни Вит. Съпоставена е морфологията на колониите при култивиране на две различни хранителни среди, както и температурните граници на растеж на двата изолати. Доказана е способността на българските изолати *P. chlamydospora* да заразяват листа на хортензия, божур, роза и лавровишна, както и резници на два от изследвани-

те растителни видове, което показва тяхната патогенност както към известни, така и към нови гостоприемници на вида.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изолатите *P. chlamydospora* RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b са част от колекцията на род *Phytophthora*, създадена в АБИ в резултат на мащабно проучване на видовото разнообразие на тази група оомицети в периода 2016-2018 г. В изследването са включени реки и други водни екосистеми на територията на България, като е използван метода на уловките (Hansen et al., 2012). Изолат RChOs2016/83b е с произход р. Черни Осъм при гр. Троян (Christova et al., 2018), а изолат RChVitTet2017/102b е изолиран от р. Черни Вит при гр. Тетевен (Christova et al., 2019a).

Изолатите са култивирани на два вида хранителни среди: морковен агар (СА: 16 g агар, 3 g CaCO₃, 100 ml органичен морковен сок/1 l) и картофен агар (PDA, Difco™) за период от 10 дни при температура 20°C с цел морфологично характеризиране на колонииите. Температурният диапазон за развитие и радиалния растеж на мицелните колонии е определен чрез култивирани на среда СА при температури 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35°C. Мицелно блокче (5x5 mm) от свежа 7-дневна култура на всеки от изолатите (RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b) е поставено в центъра на петриево блюдо с морковен агар. За всяка от температурите са направени по 2 повторения. Всички петрита са инкубирани на температура 25°C за 24 ч. с цел синхориниране на мицелния растеж. След маркиране растежа на колоните, всяко петри е поставено в термостат при съответната температура за период от 5 дни. Радиалният растеж на ден (mm/ден) е измерен на базата на линейния растеж по дължината на две перпендикулярни линии, пресичащи центъра на мицелната колония (Hall, 1993).

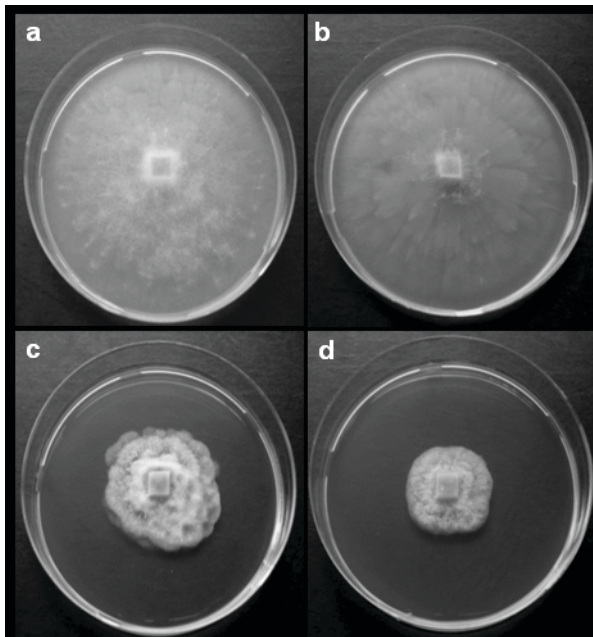
Заизпитванепатогенността на *P. chlamydospora* са избрани храстовидни декоративни видове, широко разпространени както в разсадници, паркове и градини, така и в естествени местообитания в Европа, включително и в България, с изключение на хортензията, която произхожда от Америка. Тестовите са проведени по метода на уловките (Christova et al., 2019b). Откърснати лис-

та от божур (*Paeonia officinalis*), роза (*Rosa* spp.), дървовидна хортензия (*Hydrangea arborescens*) и лавровишна (*P. laurocerasus*) са поставени в контейнери, съдържащи смес от стерилна дестилирана и изворна вода (1:1). За всеки от двата изолата (RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b) е потготвен отделен контейнер, в който са добавени по 4 мицелни блокчета (20x20 mm) от 7-дневна мицелна култура на съответния изолат. За контрола са използвани листа от четирите вида растения, поставени в контейнери със смес от стерилна дестилирана и изворна вода (1:1), но без *Phytophthora*. Контейнерите са инкубирани при температура 24/22°C и фотопериод 16 ч. ден / 8 ч. нощ. Листата са наблюдавани ежедневно и симптомите на заразяване са отчетени 7 дни след инокулиране.

Допълнителен анализ за патогенността на двата изолата *P. chlamydospora* е проведен с резници от четирите декоративни вида - хортензия, божур, роза и лавровишна. Млади резници с дължина около 5 cm са поставени в контейнери върху влажна филтърна хартия. След леко нараняване в централната част на всеки от тях е поставено мицелно блокче (5x5 mm) от 7-дневна култура на изолатите RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b. За контрола са използвани резници, на които след нараняване е поставено агарово блокче със стерилна хранителна среда. Контейнерите с инокулираните резници са инкубирани при температура 24/22°C и фотопериод 16 ч. ден / 8 ч. нощ. Резниците са наблюдавани ежедневно за развитие на симптоми от заразяване в продължение на 2 седмици.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Двата изолата *P. chlamydospora* се характеризират с петалоиден тип растеж на колонииите на морковен агар, като при изолат RChOs2016/83b се наблюдава образуване на повече въздушен мицел (Фиг. 1a), в сравнение с изолат RChVitTet2017/102b (Фиг. 1b). На картофен агар изолатите образуват розовидни колонии и имат значително по-бавен растеж, спрямо този върху морковен агар (Фиг. 1c, d). Наблюдаваната морфология на колонииите на изолати RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b съответства на морфологичните характеристики на *P.*

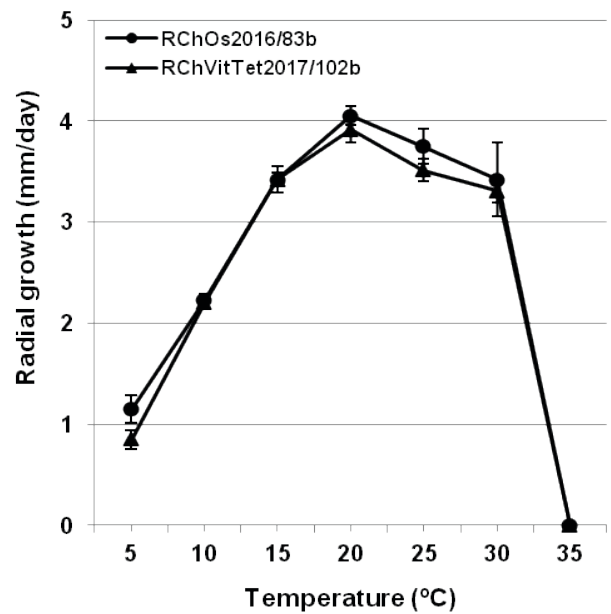


Фигура 1. Морфология на колониите на *P. chlamydospora*, изолати RChOs2016/83b (a, c) и RChVitTet2017/102b (b, d) при култивиране за 10 дни на среди CA (a, b) и PDA (c, d) при 20°C

Figure 1. Colony morphology of *P. chlamydospora*, isolates RChOs2016/83b (a, c) and RChVitTet2017/102b (b, d) after 10 days cultivation on CA (a, b) and PDA (c, d) at 20°C

chlamydospora при култивиране на съответните хранителни среди описани в литературата (Hansen et al., 2015).

Изследваните изолати *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b) имат сходен модел на радиален растеж при култивиране на морковен агар в температурни граници от 5 до 35°C (Фиг. 2). Техният температурен оптимум е 20°C, като радиалният растеж на изолат RChOs2016/83b е 4.1 mm/ден, а на изолат RChVitTet2017/102b 3.9 mm/ден. Измерен е сравнително интензивен темп на нарастване при 15 и 30°C (3.3-3.4 mm/ден), което показва относително широк температурен диапазон. Установено е, че инкубирането на 35°C за 5 дни инхибира развитието на колониите на двата изолата (Фиг. 2), но мицелният растеж се възстановява при връщане на петритата на 25°C. При инкубиране на 37°C в продължение на 5 дни обаче, е наблюдавано необратимо потискане растежа на изследваните изолати *P. chlamydospora*. Като типичен представител на клад 6, *P. chlamydospora*



Фигура 2. Радиален мицелен растеж на *P. chlamydospora* на морковен агар при различни температури. Представена е стандартната грешка (\pm)

Figure 2. Radial mycelial growth of *P. chlamydospora* on carrot agar at different temperatures. Mean \pm standard errors are shown

се характеризира с толерантност към високи температури и относително бавен растеж на хранителна среда (Hansen et al., 2015).

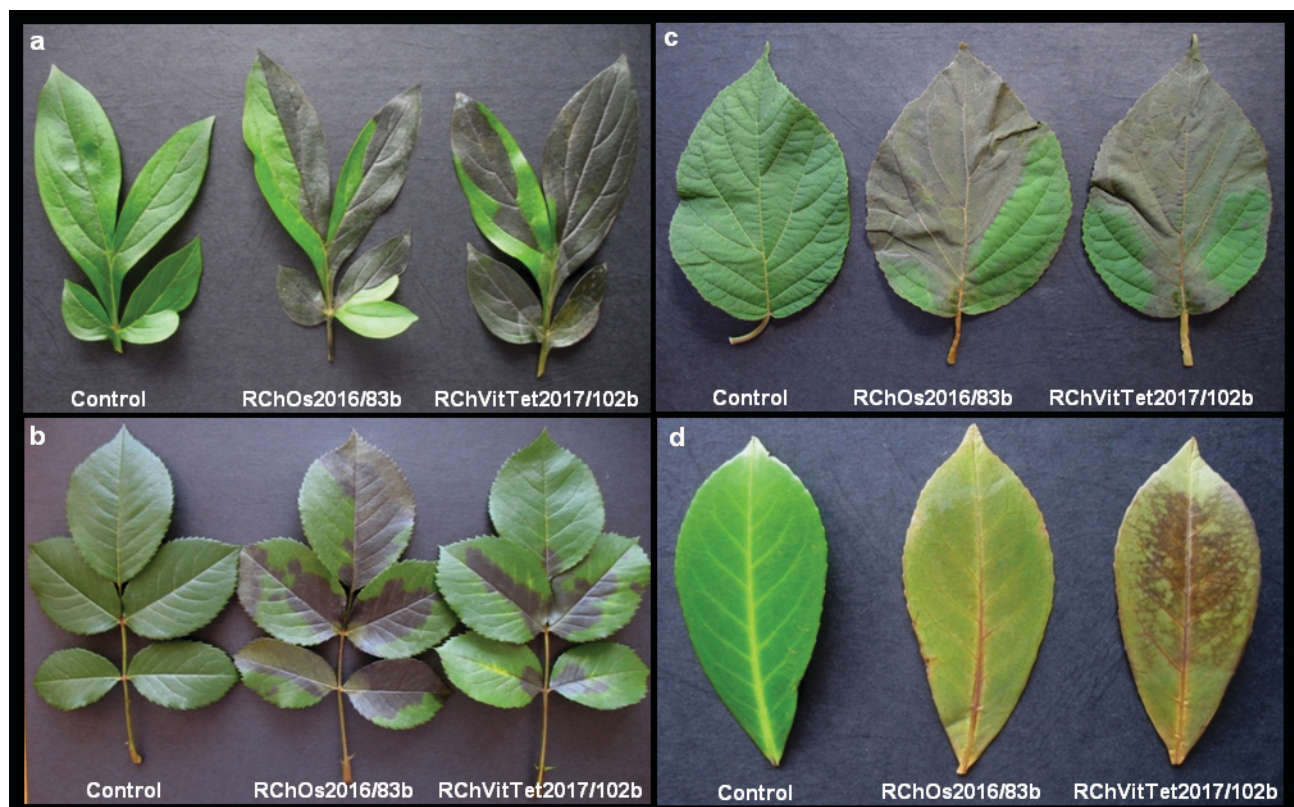
Резултатите от проведените тестове за патогенност по метода на уловките, доказват способността на българските изолати *P. chlamydospora* (RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b) да заразяват листа от четирите избрани декоративни растения - божур, роза, хортензия и лавровишна (Фиг. 3). Заразяването на листа от божур, роза и хортензия с изследваните изолати *P. chlamydospora* се характеризира с образуването на некротични петна, чиято поява е наблюдавана на втория ден след инокулирането. Постепенно некротизата се разраства и на седмия ден тя обхваща голяма част от листната петура на трите декоративни вида (Фиг. 3a, b, c). За разлика от сходната агресивност на изолати RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b към листа от хортензия, божур и роза, е наблюдавана значителна разлика в техния патогенитет при заразяването на листа от лавровишна. Изолат RChOs2016/83b индуцира образуване на хлоро-

за и слаба некроза по листната петура, докато изолат RChVitTet2017/102b причинява силно некротиране на листата за период от 7 дни (Фиг. 3d).

Патогенните свойства на българските изолати *P. chlamydospora* RChOs2016/83b и RChVitTet2017/102b към хортензия и лавровишна са доказани и чрез проведените опити с резници от двата декоративни вида (Фиг. 4a, b). Появата на некроза около местото на инокулиране е наблюдавано на третия ден и при двата растителни вида, но са установени разлики в развитието на симптомите. Двата изолата *P. chlamydospora* проявяват сходна степен на агресивност при заразяване на резниците от хортензия (Фиг. 4a), докато при резниците от лавровишна значително по-силна некроза индуцира изолат RChOs2016/83b в сравнение с изолат RChVitTet2017/102b (Фиг. 4b). Не е установено заразяване на резниците от роза и божур с нито един от двата български изолата *P. chlamydospora* (данните не са по-

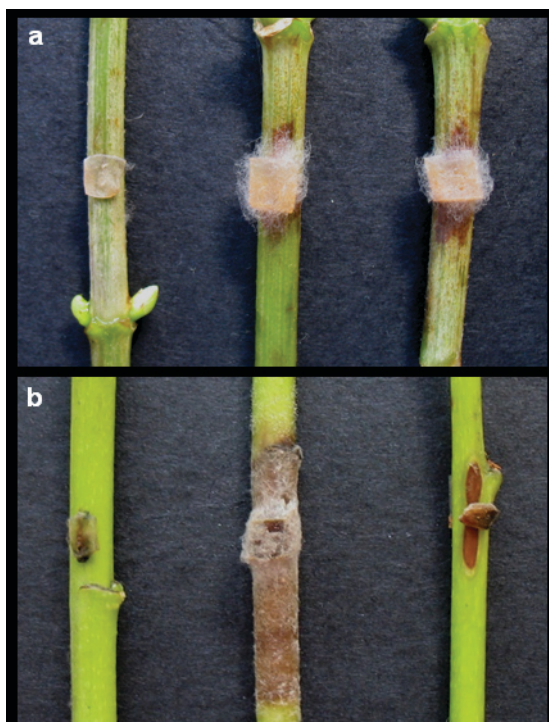
казани). Вероятна причина за този резултат би могла да бъде проявата на тъканна или органна специфичност на патогена спрямо определени растителни видове. Такава разлика в патогенитета към различни растителни органи е доказана за някои видове от род *Phytophthora*, в това число и *P. chlamydospora* (Gao et al., 2013; Loyd et al., 2014; Carella et al., 2018). Установено е, че изолирана от разсадници *P. chlamydospora* има способността да заразява листа от рододендрон (*Rhododendron*) и пиерис (*Pieris*), но не засяга корените на тези два декоративни вида при проведените тестове за патогенност (Loyd et al., 2014).

Тъй като *P. chlamydospora* е изолирана основно от водни източници и е един от най-разпространените видове *Phytophthora* във водна среда, както и заради относително бавния темп на растеж и високия температурен толеранс, се предполага, че видът съществува сапрофитно по растителни остатъци във водата (Hansen



Фигура 3. Заразяване на листа от божур (a), роза (b), хортензия (c) и лавровишна (d) 7 дни след инокулиране с *P. chlamydospora*

Figure 3. Infection of leaves from wild common peony (a), rose (b), hydrangea (c) and cherry laurel (d) at 7 dpi with *P. chlamydospora*



Фигура 4. Заразяване на резници от хортензия (a) и лавровишна (b) 10 дни след инокулиране с *P. chlamydospora*

Figure 4. Infection of cuttings from wild hydrangea (a), and cherry laurel (b) at 10 dpi with *P. chlamydospora*

et al., 2015). В последните години обаче редица изследвания показват, че *P. chlamydospora* е патоген по крайречни горски и плодни дървесни видове (Sims, 2014; Navarro et al. 2015; Hansen et al., 2015; Jung et al., 2011; Kurbetli et al., 2017). Видът също така заразява широка гама декоративни видове, като вечнозелени двуседелни храсти (*Tristania*, *Buxus*), едноседелни дърветата (*Sequoia*, *Chamaecyparis*), иглолистни (*Abies*, *Pseudotsuga*, *Taxus*) и цъфтящи видове (*Camellia*, *Arbutus*, *Viburnum*, *Rhododendron*, *Rosa*) (Jung & Blaschke 2004; Yakabe et al., 2009; Hansen et al., 2015; Jung et al., 2011). В предходни наши проучвания беше установено, че *P. chlamydospora* заразява листа както от диворастящи и култивирани ягодоплодни растения, като ягода, къпина и червена боровинка (Christova et al., 2018), така и листа от арония и касис (Christova et al., 2019a), което показва, че освен храстовидни видове, тревистите също могат да бъдат засегнати от заразяване с патогена.

Резултатите от настоящото изследване потвърждават способността на *P. chlamydospora* да заразява роза и лавровишна, установено и от други автори (Jung et al., 2011) и доказват патогенността на този вид *Phytophthora* към два нови потенциални гостоприемника - хортензия и божур, с което се разширява спектъра от чувствителни към *P. chlamydospora* декоративни видове (Фиг. 3, 4). Изследванията показват, че от четирите изпитани декоративни растения, по-застрашени са хортензията и лавровишната, тъй като изолатите от *P. chlamydospora* заразяват както листата, така и резниците (Фиг. 3, 4). Особено чувствителна към патогена е хортензията, поради развитието на най-силна некроза за най-кратък период от време.

Способността на зооспорите на *P. chlamydospora* да заразяват листа от декоративни видове във водна среда показва потенциалната опасност, която видът представлява за отглежданите в разсадници растения, както и за растителността в паркове и градини. При попадане на заразен растителен материал и посредством поливните води, зооспорите могат бързо да се разпространят и да достигнат до нови гостоприемници. Този риск става все по-голям с бурното развитие на търговията с цветя в световен мащаб. Освен за разсадниците, *P. chlamydospora* е опасна за горски и крайречни екосистеми, тъй като реките и потоците са нейното естествено местообитание и могат да бъдат използвани като източници за разпространение на *Phytophthora*. Доказано е също така, че заразените листа могат да служат за пренасяне на *P. chlamydospora* чрез вятъра. Неотдавна от разсадници за декоративни цветя в Германия от носени от вятъра листа са изолирани няколко вида *Phytophthora*, сред които *P. chlamydospora*, *P. gonapodyides*, *P. plurivora*, *P. rosacearum*, *P. syringae* и дори карантинния вид *P. ramorum* (Junker et al., 2016). Ограничаването на разпространението на патогените изисква стриктни правила и строг фитосанитарен контрол в разсадниците и при търговията с цветя.

ИЗВОДИ

Настоящото изследване потвърждава способността на *P. chlamydospora* да заразява роза

и лавровишна, и установява два нови потенциални гостоприемника – хортензия и божур. Патогенът представлява сериозна заплаха за тези декоративни растителни видове, от една страна защото те са широко застъпени в паркове, градини и разсадници, а от друга – порди лесния и бърз начин на разпространение на *P. chlamydospora* във водна среда.

ЛИТЕРАТУРА

- Carella, P., Gogleva, A., Tomasellia, M., Alfs, C., & Schornack, S. (2018). *Phytophthora palmivora* establishes tissue-specific intracellular infection structures in the earliest divergent land plant lineage. *PNAS*, 115(16), 3846-3855.
- Christova, P., Lyubenova, A., Kostov, K., & Slavov, S. (2018). Diversity and pathogenicity of *Phytophthora* species, isolated from Osam River. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 21(1), 179-191.
- Christova, P., Kostov, K., Lyubenova, A., & Slavov, S. (2019a). Occurrence and diversity of *Phytophthora* species in mountain area of Vit River. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 22(1), 259-269.
- Christova, P. K., Lyubenova, A. B., Kostov, K. V., & Slavov, S. B. (2019b). First report of *Phytophthora pseudosyringae* recovered from aquatic ecosystems in Bulgaria. *Forest Pathology*, e12505, doi:10.1111/efp.12505.
- Gao, L., Tu, Z. J., Millett, B. P., & Bradeen, J. M. (2013). Insights into organ-specific pathogen defense responses in plants: RNA-seq analysis of potato tuber-*Phytophthora* infestans interactions. *BMC genomics*, 14(1), 340.
- Hall, G. (1993). An integrated approach to the analysis of variation in *Phytophthora nicotianae* and a redescription of the species. *Mycological Research*, 97, 559-574.
- Hansen, E. M., Reeser, P. W., & Sutton, W. (2012). *Phytophthora borealis* and *Phytophthora riparia*, new species in *Phytophthora* ITS Clade 6. *Mycologia*, 104(5), 1133-1142.
- Hansen, E. M., Reeser, P., Sutton, W., & Brasier, C. M. (2015). Redesignation of *Phytophthora* taxon Pgchlamydo as *Phytophthora chlamydospora* sp. nov. *North American Fungi*, 10, 1-14.
- Huai, W. X., Tian, G., Hansen, E. M., Zhao, W. X., Goheen, E. M., Grünwald, N. J., & Cheng, C. (2013). Identification of *Phytophthora* species baited and isolated from forest soil and streams in northwestern Yunnan province, China. *Forest Pathology*, 43(2), 87-103.
- Jung, T., Stukely, M. J. C., Hardy, G. S. J., White, D., Paap, T., Dunstan, W. A., & Burgess, T. I. (2011). Multiple new *Phytophthora* species from ITS Clade 6 associated with natural ecosystems in Australia: evolutionary and ecological implications. *Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 26, 13.
- Jung, T., & Blaschke, M. (2004). *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology*, 53(2), 197-208.
- Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P., Aday, A. G., Aguin Casal, O., ... & Corcobado, T. (2016). Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *Forest Pathology*, 46(2), 134-163.
- Junker, C., Goff, P., Wagner, S., & Werres, S. (2016). Occurrence of *Phytophthora* in commercial nursery production. *Plant Health Prog*, 17, 64-75.
- Kurbetli, I. (2014). Involvement of *Phytophthora cryptogea* in sweet cherry decline in Turkey. *Phytoparasitica*, 42(5), 627-630.
- Kurbetli, I., Aydogdu, M., & Sulu, G. (2017). *Phytophthora chlamydospora* and *P. megasperma* associated with root and crown rot of sour cherry in Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124(4), 403-406.
- Loyd, A. L., Benson, D. M., & Ivors, K. L. (2014). *Phytophthora* populations in nursery irrigation water in relationship to pathogenicity and infection frequency of *Rhododendron* and *Pieris*. *Plant Dis.*, 98, 1213-1220.
- Navarro, S., Sims, L., & Hansen, E. (2015). Pathogenicity to alder of *Phytophthora* species from riparian ecosystems in western Oregon. *Forest Pathology*, 45, 358-366.
- Prospero, S., Vercauteren, A., Heungens, K., Belbahri, L., & Rigling, D. (2013). *Phytophthora* diversity and the population structure of *Phytophthora ramorum* in Swiss ornamental nurseries. *Plant Pathology*, 62, 1063-1071.
- Reeser, P. W., Sutton, W., & Hansen, E. M. (2008). *Phytophthora* species causing tanoak stem cankers in southwestern Oregon. *Plant Disease*, 92, 1252.
- Reeser, P. W., Sutton, W., Hansen, E. M., Remigi, P., & Adams, G. C. (2011). *Phytophthora* species in forest streams in Oregon and Alaska. *Mycologia*, 103, 22-35.
- Sims, L. (2014). *Phytophthora* species and riparian alder tree damage in western Oregon. PhD thesis. Oregon State University.
- Stewart-Wade, S. M. (2011). Plant pathogens in recycled irrigation water in commercial plant nurseries and greenhouses: Their detection and management. *Irrigation Science*, 29, 267-297.
- Yakabe, L. E., Blomquist, C. L., Thomas S. L., & MacDonald, J. D. (2009). Identification and frequency of *Phytophthora* species associated with foliar diseases in California ornamental nurseries. *Plant Disease*, 93, 883-890.