

Borov smolasti rak

Poti prenosa
bolezni in
preventivni ukrepi

**Borov smolasti rak:
Poti prenosa bolezni in preventivni ukrepi**

Jarkko Hantula, Pablo Martínez-Álvarez, Kalev Adamson, Rodrigo Ahumada, Helena Bragaña, Paolo Capretti, Nick McCarthy, Rein Drenkhan, Milo Dvoák, Jorge Martín-García, Paolo Gonthier, Svetlana Markovskaja, Rosa Raposo, Dina Ribeiro, Leticia Botella, Alejandro Solla, Eeva Vainio, Julio Diez

Leto izdaje: 2018

Elektronska izdaja: <http://www.pinestrength.eu/dissemination/>

Tisk: Dimopal S.L. Palencia, España

Prevod: dr. Barbara Piškur in dr. Nikica Ogris (Gozdarski inštitut Slovenije)

Strokovni pregled besedila: prof. dr. Dušan Jurc (Gozdarski inštitut Slovenije)

FPS COST Action FP1406

Pine pitch canker - strategies for management of Gibberella Circinata in greenhouses and forests (PINESTRENGTH)

Taksonomska uvrstitev

Borov smolasti rak povzroča gliva iz skupine zaprtotrosnic *Fusarium circinatum* (teleomorf *Gibberella circinata*). Gliva se razmnožuje spolno (z askosporami) in nespolno (s konidiji).

Simptomi

Gliva *Fusarium circinatum* je zelo virulenten patogen, ki prizadene vsaj 57 vrst borov (*Pinus spp.*) in navadno ameriško duglazijo (*Pseudotsuga menziesii*). Povzroča poleganje klic v drevesnicah, propad mladih borov v nasadih in rake na borih v gozdovih. Čeprav je veliko evropskih vrst borov dovetnih za glivo *F. circinatum* (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *P. brutia*, *P. pinea* itd.), pa največ škode povzroča kalifornijskemu boru (*Pinus radiata*). V gozdovih gliva povzroča nekroze, ki lahko objamejo veje, korenine na površini tal in deblo ter razvije se tipičen rak, iz katerega se močno cedi smola, po čemer je bolezen dobila ime (slika 1).



Slika 2. Prečni prerez iznakaženega debla kalifornijskega bora, ki ga je prizadela gliva *F. circinatum*. Foto: D. Ribeiro in H. Braga.



Slika 1. Simptomi borovega smolastega raka: (a) izcejanje smole, (b) iznakaženje debla kalifornijskega bora (*Pinus radiata*), ki jih je povzročila gliva *Fusarium circinatum* v severni Španiji. Foto: J. Martín-García.

Vrhovi okuženih poganjkov **venijo**, iglice sprva rumenijo, kasneje porjavijo in končno odpadejo. Iz nastalih rakov se močno cedi smola, ki privablja žuželke. Večkratne okužbe vej ali okužba debla povzročijo zmanjšan prirastek, zmanjšano kakovost lesa, lahko tudi iznakaženje debla kot tudi močno **odmiranje krošnje**, ki lahko vodi v propad drevesa. Na dolgo časa okuženih borih se razvijejo rakaste tvorbe (slika 2), ki deblo **iznakazijo** in drevo postane bolj občutljivo na **prelom v neurjih** (slika 3). Les okuženih dreves je skrivenčen in navadno ga hitro prebarvajo glive modrivke kot je *Diplodia spp.* in druge (slika 4). Gliva *Fusarium circinatum* lahko okuži tudi



Slika 3. Močan veter je prelomil kalifornijski bor (*Pinus radiata*) na mestu okužbe z glivo *F. circinatum* na severu Španije. Foto: J. Hantula.

storže in seme v njem. Duglazija je lahko gostiteljica, vendar na njej redko povzroča poškodbe.

V drevesnicah semenke okužijo trosi, ki so na semenu ali v tleh. V obeh primerih simptomi niso posebno značilni in se ne razlikujejo od tistih, ki jih povzročajo drugi povzročitelji poleganja klic (slika 5). V koreninskem sistemu lahko patogen povzroči rjavo prebarvanje in razkroj skorje. Na nadzemnem delu sadike se simptomi izrazijo, ko okužba zaobjame celoten obod korenčnika, zaradi česar sadika prične veneti, iglice porumenijo. Pri starejših sadikah je les pod okuženo skorjo prepojen s smolo in je medeno rjav do temno rjav.



Slika 4. Iznakaženje debla kalifornijskega bora zaradi *F. circinatum* in kasnejše prebarvanje lesa zaradi glive *Diplodia pinea*, na severu Španije. Foto: S. Markovskaja.

Gliva *F. circinatum* je lahko prisotna v borovih tkivih v **na videz zdravih sadikah in drevesih**, najdemo jo tudi v nekaterih vrstah trav. Rastline s prikritimi okužbami so ena glavnih poti širjenja bolezni na regionalni ravni, kar morajo upoštevati gozdarji in drevesničarji. To dejstvo, skupaj s sposobnostjo preživetja glive v tleh, sta glavna razloga, da je bolezen praktično nemogoče izkoreniniti, ko je enkrat na nekem območju ustaljena.

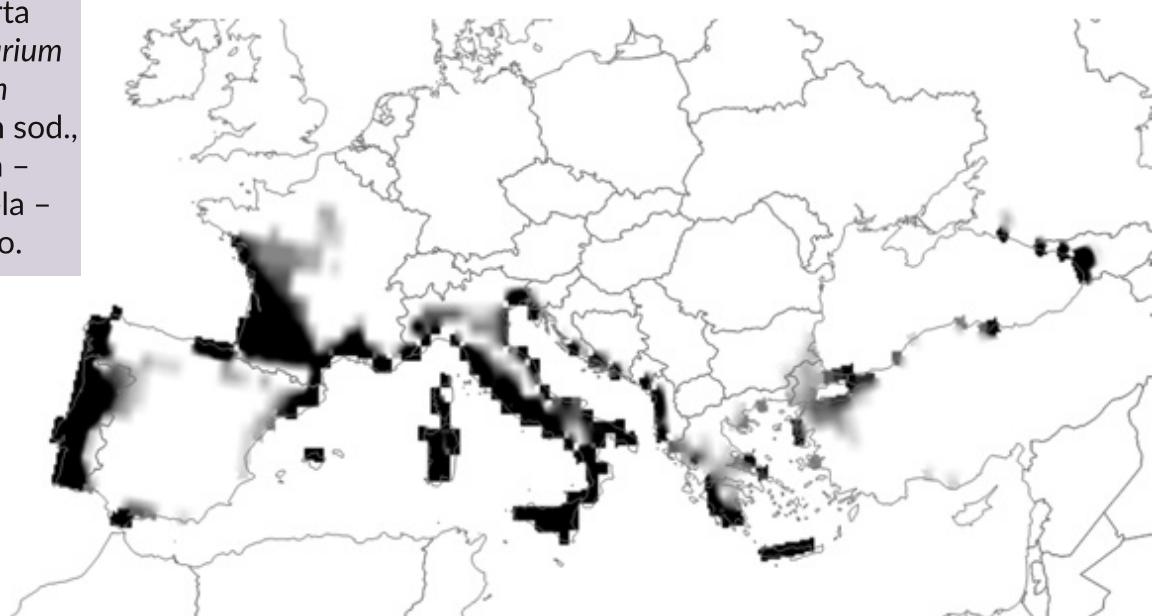


Slika 5. (a) Podgobje glive *F. circinatum* na propadajočih semenkah. (b–f) Prvi simptom na kalifornijskem boru, okuženem z glivo *Fusarium circinatum*, je nekroza korenčnika, ki ji sledi venenje. Foto: H. Bragança, E. Diogo, M. Elvira-Recuenco, P. Martínez-Alvarez in R. Raposo.

Razširjenost bolezni v Evropi

V Evropi je bil borov smolasti rak najden v drevesnicah, gozdovih ter v mestnih parkih. V Španiji in na Portugalskem je gliva *F. circinatum* trenutno prisotna v gozdovih kalifornijskega bora in obmorskega bora (*P. pinaster*) ter v drevesnicah, kjer so bile ugotovljene okužbe na sadikah več vrst borov (npr. *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* in *P. nigra*). Po drugi strani pa je bil borov smolasti rak v Italiji opažen na alepskem boru (*P. halepensis*) in piniji (*P. pinea*) v mestnem parku in vrtu, v Franciji pa je bil ugotovljen na duglaziji in/ali boru v dveh drevesnicah in zasebnem vrtu. Bolezen je zdaj uradno izkoreninjena tako v Italiji kot v Franciji.

Slika 6. Karta tveganja *Fusarium circinatum* (Möykkynen in sod., 2015), crna – primerno, bela – neprimerno.



Gliva je bila odkrita tudi v semenih in storžih obmorskega bora brez vidnih znakov okužb. Tveganje za širjenje glive *F. circinatum* iz Španije v Južno Francijo in Italijo na nasade obmorskega bora je veliko. Na podlagi analize klime, razširjenosti gostiteljev in okoljskih dejavnikov, bi gliva preživela v večjem delu Sredozemlja (Španija, Francija, Italija, Slovenija, Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Črna gora, Albanija, Grčija in Turčija). Vendar pa lahko preživi tudi na atlantski strani Portugalske, Španije in Francije ter v okolini Črnega morja (Turčija in Armenija). Na podlagi ocene tveganja potencialno ogrožena območja pokrivajo več kot 10 milijonov hektarov, od približno 50 milijonov hektarjev borovih gozdov v Evropi (razen evropske Rusije), skupaj z drevesnicami (slika 6). V nenanavnih razmerah v drevesnicah in rastlinjakih, kjer v Evropi proizvajajo milijone in milijone sadik bora, je tveganje, ki ga predstavlja borov smolasti rak, veliko za razširjenost po vsej Evropi.

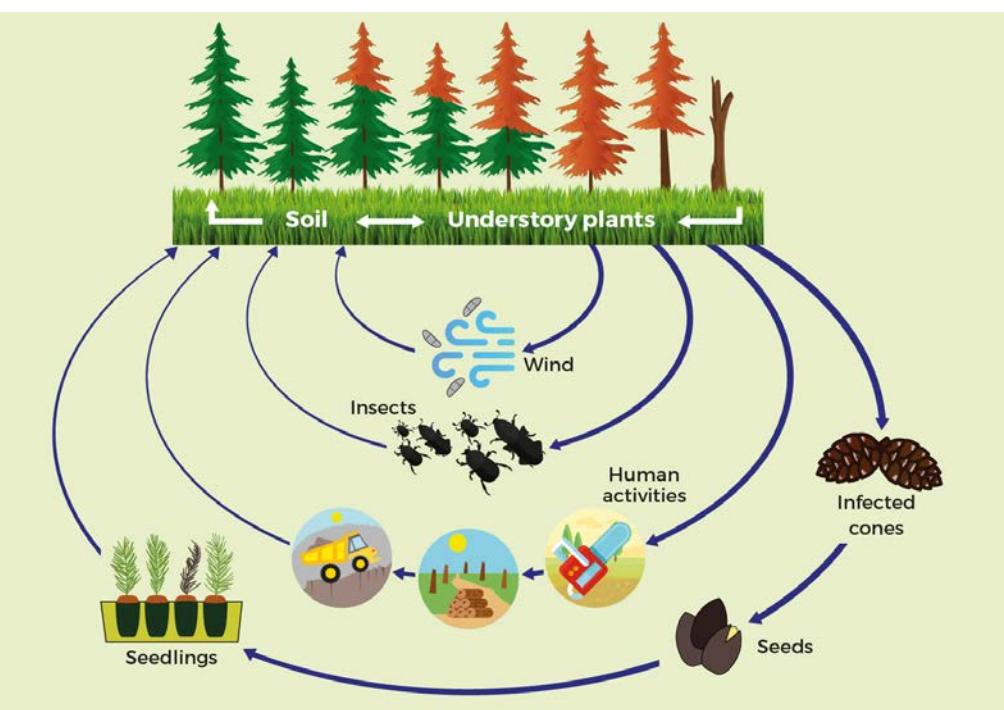
Poti razširjanja

Gliva *F. circinatum* se večinoma razširja z **vetrom, vodo, žuželkami** in **transportom prsti**. Glivo lahko na daljše razdalje učinkovito prenaša tudi človek s transportom okuženega rastlinskega materiala, tj. z okuženim borovim **semenom** in z okuženimi **sadikami**. Verjetnost prenosa glive z okuženim **lesom** je majhna, vendar je to vseeno ena izmed možnih poti razširjanja bolezni. Gliva se lahko nahaja v **substratu za sajenje, kontejnerjih** in na **orodju oziroma mehanizaciji**.

Razširjanje na velike razdalje večinoma poteka s premeščanjem semena, pri katerem se gliva lahko nahaja tako na površini kot tudi v samem semenu. Na regionalnem nivoju je za razširjanje bolezni pomembna trgovina oziroma premeščanje sadik, substratov za sajenje in kontejnerjev za sadike. Iz ustaljenega območja se gliva razširja z dežjem, vetrom in žuželkami. Trenutno so kot vektorji bolezni prepoznani veliki borov strženar (*Tomicus piniperda*) v Evropi in vrste *Conophthorus* in *Pityophthorus* v Severni Ameriki. Gliva *F. circinatum* se z vetrom verjetno razširja v omejenem obsegu, saj so trosi občutljivi in predvsem v sušnih razmerah hitro propadejo.

Okoljski dejavniki

Gliva okuži gostiteljsko rastlino skozi rane oziroma poškodbe, ki nastanejo bodisi naravno ali z delovanjem človeka, živali oziroma žuželk. Gliva praviloma ne okuži drevesa skozi nepoškodovano tkivo (slika 7). Na uspešnost okužbe vplivajo velikost, starost in način, na katerega je poškodba (rana) na drevesu nastala, skupaj z okoljskimi dejavniki. Okužba z glivo *F. circinatum* je možna skozi celo leto, vendar je običajno verjetnost večja v razmerah z dolgotrajno meglo, padavinami in vetrom. Temperatura in vlažnost



Slika 7. Razvoj borovega smolastega raka. D. Rojo (<http://be.net/DaniRojoG>).

zraka sta ključna dejavnika, ki vplivata na ustalitev in razširjanje borovega smolastega raka. Trosi glive *F. circinatum* hitro kalijo pri temperaturi 20°C in visoki vlažnosti zraka. Temperature nad 25°C pa vplivajo na **hitrejšo rast micelija** in intenziteto **okužbe**. Nizke temperature upočasnijo in zmanjšajo kalitev trosov in posledično vplivajo na zmanjšanje okužbe. Patogen lahko preživi do eno leto v prsti in lesu, do dve leti v okuženih sečnih ostankih ali opadu ter do tri leta v prsti, ki jo hladimo v laboratoriju. Dovzetnost borov za okužbo z glivo *F. circinatum* se poveča ob **sušnem stresu**, na **plitvih tleh**, ob **poplavah**, v **neredčenih sestojih** in ob povečanih količinah **dušika** v tleh.

Gospodarjenje

Gospodarjenje z borovim smolastim rakom mora potekati po dveh strategijah in je odvisno od tega, ali bolezni na določenem območju še ni, ali pa je že prisotna in ustaljena.

Najboljši pristop za preprečevanje **naselitve patogena** je dosledno preprečevanje vnosa. Prepoznane so številne poti vnosa *F. circinatum* iz okuženih območij. Naraščajoča mednarodna trgovina z živimi rastlinami in rastlinskimi produkti povečuje že tako visoko tveganje za razširjanje *F. circinatum* na območja v Evropi, kjer bolezni še ni. V Evropo (Španija) je bolezen skoraj gotovo prišla z okuženim semenom in ista pot prenosa je bila najverjetnejše vzrok za razširitev bolezni na Portugalsko, Italijo in Francijo.

Sanitarna praksa v drevesnicah je ključna za preprečevanje novih okužb in širjenje v okolico drevesnic. Evropska študija je pokazala, da je **obdelava borovih semen z vročo vodo** bolj učinkovita kot obdelava semen z vodikovim peroksidom in fungicidi za zatiranje glive *F. circinatum*. Namakanje borovega semena v vročo vodo (52°C, 30 min) bi lahko vključili v standardne postopke v drevesnicah z namenom preprečevanja širjenja borovega smolastega raka. Zabojnike (kontejnerje) steriliziramo (potapljanje ali razprševanje) z vročo vodo (90°C, 10 s) ali z **razredčenim vodikovim peroksidom** (z oksidacijsko-reduksijskim potencialom (ORP) 360 mV, 6 ur) ali z avtoklaviranjem. Kompostiranje substrata ne uniči glive *F. circinatum*, zato substrat obdelamo z vročo paro (95°C, 35 min) (slika 8). **Orodje, opremo, obutev, rokavice in roke rutinsko razkužujemo** (npr. z razkuževalnimi barierami, 70% alkoholom in drugimi sredstvi glede na primernost). **Uporaba lokalno pridobljenega semena in sadik v območjih brez borovega smolastega raka zmanjšuje tveganje za širjenje bolezni.**

Drevesnice v Čilu uporabljajo **biotično sredstvo za varstvo rastlin** po razkuževanju sadilnega substrata in pred sadnjo kontejnerjev s sadikami. Na razpolago imajo dva seva glive *Trichoderma* sp., ki učinkovito zavirata glivo *F. circinatum* ob inokulaciji v substrat in korenine (Proyecto Innova Biobio, Čile).

V okuženih območjih ni priporočena sadnja dovetnih vrst borov za okužbo z glivo *F. circinatum*. Večina vrst borov ter duglazija so dovetni za okužbo z borovim



Slika 8. Ukrepi proti borovemu smolastemu raku. (a) Razkuževanje substrata s paro, (b) pranje pladnjev, (c) ročno razkuževanje pladnjev z vročo vodo, (d) avtomatizirano razkuževanje pladnjev in kontejnerjev z vročo vodo, (e) dezinfekcija mehanizacije z 70% etanolom, (f) razkuževalne bariere, (g) dezinfekcija rokavic in orodja z etanolom, (h) pranje koles. Fotografije so bile posnete v drevesnici v Čilu. **Foto R. Ahumada.**



Slika 9. Plantaža v Kantabriji, Španija, kjer testirajo dovzetnost sadik za okužbo z glivo *F. circinatum*.

Foto J.J. Diez.

smolastim rakom, vendar so nekatere vrste odporne in obstajajo razlike v odpornosti v okviru občutljivih vrst. Trenutno poteka raziskava odpornosti različnih provenienc evropskih vrst borov proti glivi *F. circinatum*. **Genetska kontrola** (hibridizacija, gojenje ali genetska selekcija za toleranco na bolezen) je trenutno ena izmed bolj perspektivnih metod gospodarjenja z borovim smolastim rakom v Evropi (slika 9).

Bolezen je po ustalitvi težko izkoreniniti, zato morajo biti naporji preprečevanja usmerjeni k zmanjševanju vnosa inokuluma in zmanjševanju tveganj okužb. Slednje vključuje izvajanje **gojitvenih ukrepov** (obžagovanje vej) v hladnejših in sušnih razmerah ter kontrolo možnih vektorjev in zmanjševanje poškodovanosti dreves.

V Kaliforniji se je za zmanjševanje inokuluma izkazal učinkovit ukrep odstranjevanje vej z znaki zgodnje okuženosti ter odstranjevanje odmirajočih dreves. Vendar pa je praksa v Španiji pokazala, da obstaja povezava med obrezovanjem dreves in intenzitetu bolezni. Najverjetneje je vzrok temu prenos patogena z okuženim orodjem.

- Berbegal M., Landeras E., Sánchez D., Abad-Campos P., Pérez-Sierra A. & Armengol J. 2015: Evaluation of *Pinus radiata* seed treatments to control *Fusarium circinatum*: effects on seed emergence and disease incidence. *Forest Pathology* 45, 525–533.
- Bezos D., Lomba J.M., Martínez-Álvarez P., Fernández M. & Diez J.J. 2012. Effects of pruning in Monterey pine plantations affected by *Fusarium circinatum*. *Forest Systems* 21, 481–488.
- Bragança H., Diogo E., Moniz F. & Amaro, P. 2009. First report of pitch canker on pines caused by *Fusarium circinatum* in Portugal. *Plant Disease* 93, 1079.
- Carlucci, A., Colatruglio, L. & Frisullo, S. 2007. First report of pitch canker caused by *Fusarium circinatum* on *Pinus halepensis* and *P. pinea* in Apulia (Southern Italy). *Disease Notes* 91, 1683.
- Ganley R.J., Watt M.S., Manning, L. & Iturritxa E. 2009. A global climatic risk assessment of pitch canker disease. *Canadian Journal of Forest Research* 39, 2246–2256.
- Garbelotto M. & Pautasso M. 2012. Impacts of exotic forest pathogens on Mediterranean ecosystems: four case studies. *European Journal of Plant Pathology* 133, 101–116.
- García-Serna I. 2011. *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx y *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell, principales hongos de chancro de las masas forestales de *Pinus radiata* D. Don del País Vasco. Universidad del País Vasco. Neiker-Tectalia.
- Gordon T.R. 2013. Pitch Canker. In: *Infectious Forest Diseases*. Gonthier P. & Nicolotti G. (Eds.). CAB International, Wallingford, UK, pp. 376–391.
- Gordon T.R., Kirkpatrick S.C., Aegeater B.J., Wood D.L. & Storer A.J. 2006: Susceptibility of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) to pitch canker, caused by *Gibberella circinata* (anamorph = *Fusarium circinatum*). *Plant Pathology* 55, 231–237.
- Iturritxa E., Ganley R.J., Wright J., Heppe E., Steenkamp E.T., Gordon T.R., & Wingfield, M.J.. 2011. A genetically homogenous population of *Fusarium circinatum* causes pitch canker of *Pinus radiata* in the Basque Country, Spain. *Fungal Biology* 115, 288–295.
- Iturritxa E., Trask T., Mesanza N., Raposo R., Elvira-Recuenco M. & Patten C. L. 2017. Biocontrol of *Fusarium circinatum* infection of young *Pinus radiata* trees. *Forests* 8, 32.
- Landeras E., García P., Fernández Y., Braña M., Fernández-Alonso O., Méndez-Lodos S., Pérez-Sierra, A., León, M., Abad-Campos P., Berbegal, M., Beltrán R., García-Jiménez J. & Armengol J. 2005. Outbreak of pitch canker caused by *Fusarium circinatum* on *Pinus* spp. in northern Spain. *Plant Disease* 89, 1015.
- Martínez-Álvarez P., Pando V. & Diez J.J. 2014. Alternative species to replace Monterey pine plantations affected by pitch canker caused by *Fusarium circinatum* in northern Spain. *Plant Pathology* 63, 1086–1094.
- Martínez-Álvarez P., Fernández-González R.A., Sanz-Ros A.V., Pando V. & Diez J.J. 2016. Two fungal endophytes reduce the severity of pitch canker disease in *Pinus radiata* seedlings. *Biological Control* 94, 1–10.
- Möykkynen T., Capretti P. & Pukkala T. 2015. Modelling the potential spread of *Fusarium circinatum*, the causal agent of pitch canker in Europe. *Annals of Forest Science* 72, 169–181.
- Roux J., Eisenberg B., Kanzler A., Nel A., Coetzee V., Kietzka E. & Wingfield M. 2007: Testing of selected South African *Pinus* hybrids and families for tolerance to the pitch canker pathogen, *Fusarium circinatum*. *New Forests* 33, 109–123.
- Swett C.L., Porter B., Fourie G., Steenkamp E.T., Gordon T.R. & Wingfield M.J. 2014. Association of the pitch canker pathogen *Fusarium circinatum* with grass hosts in commercial pine production areas of South Africa. *Southern Forests* 76, 161–166.
- Vivas M., Zas R. & Solla A., 2012: Screening of Maritime pine (*Pinus pinaster*) for resistance to *Fusarium circinatum*, the causal agent of Pitch Canker disease. *Forestry* 85, 185–192.
- Wingfield M.J., Hammerbacher A., Ganley R.J., Steenkamp E.T., Gordon T.R., Wingfield BD. & Coutinho T.A. 2008: Pitch canker caused by *Fusarium circinatum*: a growing threat to pine plantations and forests worldwide. *Australasian Plant Pathology* 37, 319–334.

