

#

Aktualno

GDK: 411.16:176.1 Fraxinus sp.(497.4)(045)=163.6

Kaj se dogaja z jesenom pri nas? - Četrto nadaljevanje*What is Happening with Ash Trees in Slovenia Region? - Part Four*

Barbara PIŠKUR*

Izvleček:

Piškur, B.: Kaj se dogaja z jesenom pri nas? - Četrto nadaljevanje. Gozdarski vestnik, 68/2010, št. 5-6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 16. Prevod avtorica, lektoriranje angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Prispevek je nadaljevanje serije prispevkov o jesenovem ožigu. Tokrat predstavljamo najnovejša dognanja v povezavi z molekularnim proučevanjem povzročiteljice omenjene bolezni. Gliva *Hymenoscyphus albidus*, ki je bila določena kot spolna oblika glive *Chalara fraxinea*, je bila na podlagi nukleotidnih zaporedij treh genskih regij prepoznana kot kompleks dveh morfološko težko ločljivih vrst: *H. albidus* in *H. pseudoalbidus*. S pomočjo nukleotidnih zaporedij je bilo ugotovljeno, da so vsi glivni izolati, izolirani iz obolelih dreves, pravzaprav vrsta *H. pseudoalbidus*. V sklopu raziskav, ki jih opravljamo v Oddelku za varstvo gozdov na Gozdarskem inštitutu Slovenije, smo s primerjavo nukleotidnih zaporedij regij Ef-1a in ITS-rDNA potrdili, da so tudi izolati iz Slovenije vrsta *H. pseudoalbidus*. Obe vrsti sta v Evropi zabeleženi že pred izbruhom bolezni. Zakaj se je sicer neškodljiv endofit jesenovih listov spremenil v agresivnega patogena, pa še vedno ni pojasnjeno.

Glavne besede: jesenov ožig, *Chalara fraxinea* T. Kowalski, *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C. R. Grunig, R. Berndt, T. Kowalski, T. N. Sieber & O. Holdenrieder, molekularne metode

Abstract:

Piškur, B.: What is Happening with Ash trees in Slovenia Region? - Part Four. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 68/2010, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 16. Translated by the author, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

This paper is a part of ash dieback series. Recent findings regarding molecular evaluation of the causal agent of the ash dieback are presented. Fungus *Hymenoscyphus albidus*, previously recognized as a sexual stage of the fungus *Chalara fraxinea*, was according to sequences of three gene regions recognized as a complex of two morphologically similar species: *H. albidus* and *H. pseudoalbidus*. The sequence analyses showed that all fungal isolates obtained from symptomatic trees are actually *H. pseudoalbidus*. In the scope of research projects currently ongoing at the Department of Forest Protection at Slovenian Forestry Institute, a comparison of sequence data of gene regions Ef-1a in ITS-rDNA revealed that Slovenian isolates are also *H. pseudoalbidus*. Both species were known in Europe even before the ash dieback outbreak. But it is still an enigma why this until recently harmless endophyte of ash leaves changed into an aggressive pathogen.

Key words: ash dieback, *Chalara fraxinea* T. Kowalski, *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C. R. Grunig, R. Berndt, T. Kowalski, T. N. Sieber & O. Holdenrieder, molecular methods

Neobičajen pojav odmiranja jesenov se je začel v vzhodni Poljski v devetdesetih letih prejšnjega stoletja (KOWALSKI, 2006). Bolezen se je hitro razširila na območju Evrope in, kot je znano, so simptomi jesenovega ožiga zabeleženi že v vseh gozdnogospodarskih območjih v Sloveniji (OGRIS, 2009). Kot povzročiteljica jesenovega ožiga je bila ugotovljena nova vrsta glive - *Chalara fraxinea* T. Kowalski (KOWALSKI, 2006). Kowalski in Holdenrieder (2009) sta odkrila povezavo med nespolno (anamorf) *C. fraxinea* in spolno obliko (teleomorf) *Hymenoscyphus albidus* (Roberge ex Desm.) W. Phillips. Zanimivo je, da je teleomorf glive v Evropi znan že od leta 1851, kar še dodatno oteži razumevanje nenadnega fenomena poškodovanosti jesenov. Gliva *H. albidus* je endofit jesenovih listov, ki svoj življenjski krog sklene kot

razkrojevka opada, kjer tvori drobna belkasta trosišča (apotecije) na listnih pecljih (QUELOZ et al., 2010). Vendar najdba vrste *H. albidus* ni omejena le na jesen, saj je iz leta 1887 znana zabeležba najdišča varietete omenjene glive *H. albidus* var. *aesculi* W. Phillips na pecljih listov navadnega divjega kostanja (PHILLIPS, 1887).

Tradicionalne metode odkrivanja in prepoznavanja gliv vključujejo opazovanje simptomov okužb na proučevanem materialu, izolacijo gliv v čiste kulture na hranilnih gojiščih ter makro- in mikroskopski pregled micelija in razmnoževalnih struktur.

* Dr. B. P., univ. dipl. mikr. Oddelek za varstvo gozdov, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: barbara.piskur@gozdis.si

#

#

#

#

Piškur, B.: Kaj se dogaja z jesenom pri nas? - Četrto nadaljevanje

Molekularne metode so hitrejše, zanje ni potrebno obsežno morfološko znanje in lahko premostijo pomanjkljivosti gojitvenih tehnik. Kljub priljubljenosti molekularnih tehnik pa je vrsta pomanjkljivosti pri izvedbi in analizi pridobljenih podatkov, zato stajna kritično vrednotenje rezultatov ter povezava s klasičnimi metodami.

Molekularne metode uporabljamo za proučevanje nukleinskih kislin. Metode so raznolike; večinoma temeljijo, posredno ali neposredno, na tehnologiji PCR (verižna reakcija s polimerazo). V reakciji PCR s termostabilno polimerazo pomnožimo specifičen odsek v genomu organizma, ki ga definiramo z dvema začetnima oligonukleotidoma (kratka fragmenta DNA, ki nalegata na matrično DNA). Nekatere regije v genomu odražajo evolucijo organizma in jih lahko uporabimo za identifikacijo vrst in izračun sorodnosti med različnimi taksonomskimi skupinami. V zadnjih letih je aktualna pobuda za določitev regije DNA, ki bi predstavljala »črtno kodo« za posamezno vrsto (The DNA Barcode of Life Initiative). Leta 2007 je bila kot najprimernejša regija za kraljestvo gliv izbrana regija rDNA (ribosomska DNA), ki je sestavljena iz nekodirajočih in iz evolutivno stabilnejših kodirajočih regij (ROSSMAN/PALM-HERNANDEZ, 2008). Omenjena zaporedja vsebujejo informacije za razlikovanje med vrstami, medtem ko za ugotavljanje geografske razpršenosti oziroma strukture populacije primerjava na nivoju posameznih odsekov največkrat ni primerna. Za tak namen uporabljamo druge molekularne metode, ki zaobjamejo večji odsek genoma, predvsem tiste dele, ki so pod manjšo gensko uravnavo.

Morfološka pogojenost nivoja vrste je omejena s fenotipskimi lastnostmi, ki so pri glivah pogosto posledica konvergentne evolucije - zaradi podobnih selekcijskih pritiskov se pri različnih taksonomskih enotah razvijejo podobni morfološki znaki. Dodatno pa se lahko različne vrste zaradi podobnosti oziroma pomanjkanja morfoloških razlik s klasično identifikacijo oziroma klasifikacijo ne razlikujejo in jih zmotno opisujemo kot isto vrsto. Take skrite vrste imenujemo kriptične vrste, ki so v mikologiji pogoste. Analize genetskega materiala z različnimi molekularnimi metodami omogočajo vpogled v raznovrstnost na nivoju genoma in so orodje, s katerim lahko razrešimo kompleks morfološko identičnih vrst, ki pa so na nivoju genoma raznolike (BICKFORD et al., 2007). Za razvozlanje morfološko identičnega ali težko ločljivega kompleksa vrst uporabljamo pristop, ki ne temelji le na primerjavi nukleotidnih zaporedij enega odseka (npr. regije

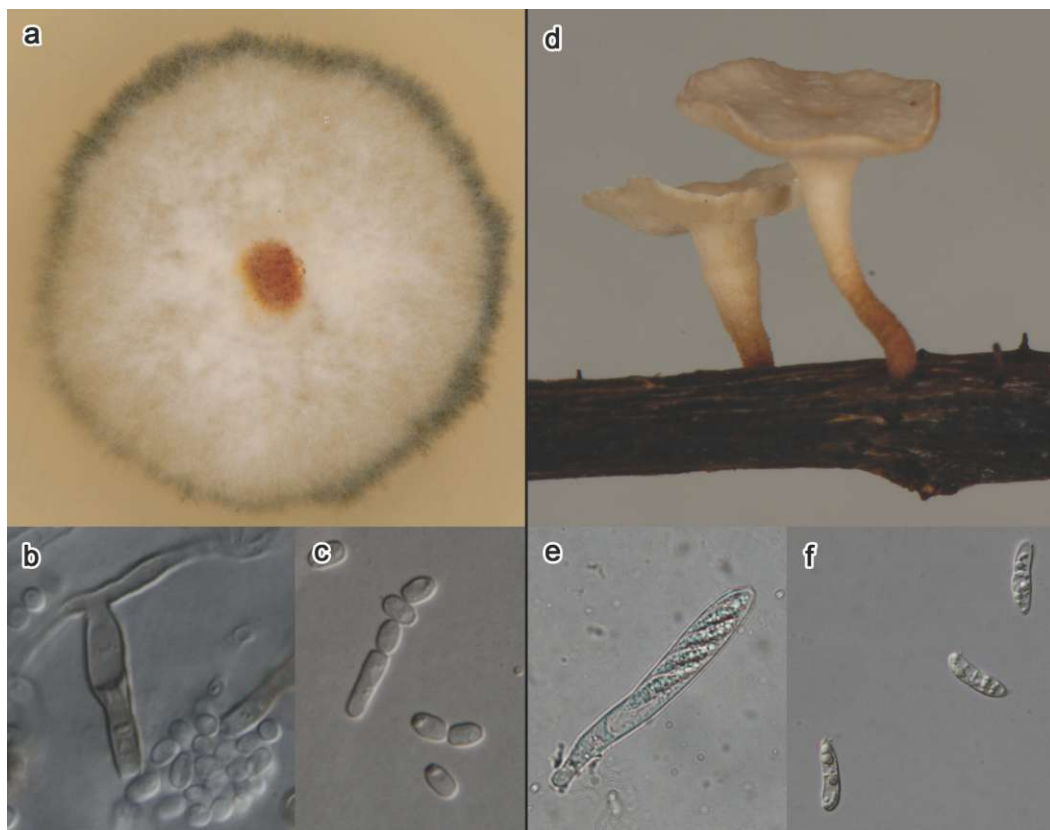
rDNA), pač pa so v analize vključeni tudi drugi odseki genoma (npr. geni za elongacijski faktor 1-a, kalmodulin, α -tubulin).

V fenotipsko izoblikovanih taksonomskih skupinah najdemo z molekularnimi metodami več vrst. Dosedanje raziskave kriptičnih vrst nakazujejo, da je bilo dosedanje število gliv podcenjeno za najmanj dvakrat. Prepoznavanje kriptičnih vrst je pomembno z vidika strategij za kontrolo in nadzor fitopatogenih gliv. Molekularne metode omogočajo tudi podrobnejši vpogled v filogenijo (tj. evolutivski odnos med taksonomskimi skupinami) in populacijsko genetiko gliv, spoznavanje in razumevanje procesov nastanka vrst in adaptacije ter naravnejšo klasifikacijo gliv. Molekularne tehnike so tudi orodje za natančnejšo identifikacijo ter določanje povezav med različnimi fazami v življenjskem krogu glive (REDECKER, 2002).

Razumevanje genetike in genetske strukture fitopatogenih gliv dodatno otežuje proces hibridizacije med vrstami. Po navadi imajo glive znotraj istega geografskega območja genetske prepreke za vzpostavitev medvrstne hibridizacije. Tako vzdržujejo optimalno gensko kombinacijo za preživetje v določeni ekološki niši ter preprečujejo razširjanje škodljivih genetskih elementov (npr. virusov) med vrstami. Genetske prepreke so manjše oziroma šibkejšje med glivami, ki so geografsko ločene. Tako je z vnosom glive v novo okolje verjetnejša hibridizacija (izmenjava genetskega materiala) z že prisotno populacijo. Nastali hibridi, ki se lahko razlikujejo v enem samem genu, tekmujejo s prisotno populacijo ter so nabor različnih genotipskih kombinacij. Preživetvena sposobnost nastalih hibridov, nadaljnji nastanek novih vrst in patogeno delovanje so odvisni od različnih dejavnikov, ki so še vedno slabo raziskani. Vendar mednarodna trgovina, premeščanje rastlin, njihovih patogenov in endofitov, podnebne spremembe ter vnašanje neavtohtonih rastlin v nova okolja omogočajo interakcije med različnimi glivami, kar posledično povečuje možnost hibridizacije in nastanek hibridov, ki imajo lahko kompetenčno prednost pred prisotnimi populacijami, še posebno, če je okolje oziroma rastlina pod stresom (BRASIER, 2000).

Poleti leta 2009 so raziskovalci v Švici spremljali stanje različnih jesenovih sestojev in opazili, da so trosišča *H. albidus* v okuženih sestojih številnejša v primerjavi s trosišči, ki so jih našli v sestojih z asimptomatskimi drevesi (ETH Zurich, 2010). S primerjavo nukleotidnih zaporedij treh genskih regij (ITS, EF1-a in Cal) so Queloz in sodelavci (2010)

#



Slika 1: Anamorf *Chalara fraxinea* (a-c) in teleomorf *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (d-f): a) podgobje v čisti kulturi, b) fialida, v kateri se oblikujejo konidiji, c) konidiji, d) dva apotecija, kjer nastajajo aski, e) ask z askosporami, f) askospore (foto in opis: dr. Nikica Ogris, 2010).

Figure 1: Anamorph *Chalara fraxinea* (a-c) and teleomorph *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (d-f): a) mycelium in pure culture, b) phialide where conidia are formed, c) conidia, d) two apothecia where asci are formed, e) ascus with ascospores, f) ascospores (photo and text by Nikica Ogris, PhD, 2010).

ugotovili, da sicer morfološko identični glivni izolati vrste *H. albidus* ne predstavljajo le ene vrste gliv, temveč se razvrstijo v dve skupini, ki nista posledica hibridizacije. Gliva *H. albidus* je pravzaprav kriptična vrsta, v kateri sta bili skriti dve različni vrsti gliv, in sicer že opisana vrsta *H. albidus* ter nova vrsta *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C. R. Grünig, R. Berndt, T. Kowalski, T. N. Sieber & O. Holdenrieder (QUELOZ et al., 2010). V prvem nadaljevanju serije Kaj se dogaja z jesenom pri nas? je bila gliva *H. albidus* poimenovana s slovenskim imenom belkasta pecljevka (JURC, 2009). V tem prispevku predlagamo za vrsto *Hymenoscyphus pseudoalbidus* ime neprava pecljevka.

Queloz in sodelavci (2010) so vrsto *H. albidus*, ki nikoli ni bila zabeležena kot patogena gliva, našli v zdravih in zelo redko tudi v okuženih jesenovih

sestojih. Medtem pa so bili vsi izolati, pridobljeni iz nekroz, ter večina trosišč iz jesenovih sestojev s simptomi jesenovega ožiga na podlagi analiz genetskega materiala identificirani kot nova vrsta *H. pseudoalbidus*, ki je v primerjavi s svojo sestrsko vrsto agresivnejša in okužuje tudi les.

V Sloveniji smo do leta 2010 izolirali več kot sto različnih izolatov glive *C. fraxinea*. Nekateri so shranjeni v zbirki trajnih kultur Oddelka za varstvo gozdov Gozdarskega inštituta Slovenije. Sedem izolatov, ki so predstavljali različne lokacije in časovna obdobja izolacij, smo vključili v analize genetskega materiala, ki smo jih izvedli v sodelovanju z Univerzo v Padovi, Italija. Nukleotidna zaporedja regij ITS-rDNA in EF1-a izbranih izolatov so bila identična nukleotidnim zaporedjem *H. pseudoalbidus*. V prejšnjih nadaljevanjih serije prispevkov

#

Piškur, B.: Kaj se dogaja z jesenom pri nas? - Četrto nadaljevanje

o jesenovem ožigu (JURC, 2009, OGRIS, 2009, HAUPTMAN et al., 2010) so poročali o glivi *H. albidus* kot o teleomorfu glive *Chalara fraxinea*. Glede na najnovejše ugotovitve pa je pravilna povezava med anamorfnimi oblikami *C. fraxinea* in teleomorfnimi oblikami *H. pseudoalbidus*. Če je ime anamorfa glive *H. pseudoalbidus* sedaj priznано kot *Chalara fraxinea*, potem lahko pričakujemo, da bodo še anamorfnosti glive *H. albidus* opisali z novim imenom. Jasno je namreč, da se morata tudi anamorfa obeh vrst razlikovati po genetskih značilnostih.

V Švici so bili simptomi jesenovega ožiga prvič zabeleženi leta 2007 (ENGESSER et al., 2009). Presemetljivo paje, da sta bila dva herbarijska primerka, ki sta bila nabrana na območju Švice leta 1978 in 1987 ter sta bila vključena v raziskavo variabilnosti vrstnega kompleksa *H. albidus*, ravno tako prepoznana kot vrsta *H. pseudoalbidus* (QUELOZ et al., 2010).

Na evropskem prostoru se je epidemija jesenovega ožiga širila z vzhoda na zahod. Mali jesen (*Fraxinus ornus* L.), ki je v Evropi od vseh vrst jesenov najbolj soroden azijskim vrstam, je za okužbo najmanj dovzeten (KIRISITS et al., 2009). Vnos invazivne vrste *H. pseudoalbidus* oziroma njene virulentne oblike v evropski prostor z nekega drugega območja je domneva o izvoru in razvoju jesenovega ožiga, ki jo na podlagi izsledkov njihovih raziskav izpostavljajo Quelez in sodelavci (2010).

Pa vendar ... Finski raziskovalci so istočasno objavili rezultate raziskav genetske variabilnosti med 32 izolati glive *C. fraxinea*, ki so bili izolirani iz simptomatskih dreves na Finskem, v Estoniji in Latviji (RYTKONEN et al., 2010). Iskanja variabilnosti so se lotili z metodo določanja prstnih odtisov DNA, imenovano RAMS. Z metodo RAMS določimo in pomnožimo nukleotidno zaporedje dveh mikrosatelitnih regij in regije med njima kot en pomnožek. Glede na razlike v dolžini pomnožka sklepamo na variabilnost znotraj proučevane vrste (HANTULA et al., 1996). Z omenjeno metodo so med 32 proučevanimi izolati določili 14 haplotipov, kar pomeni, da je precejšnja znotrajvrstna raznolikost, kar pa ne potrjuje domneve o vneseni invazivni glivi (RYTKONEN et al., 2010). Rezultati finske raziskave podpirajo nekatere že postavljene hipoteze, kot so:

- nastanek nove patogene in genetsko variabilne populacije *C. fraxinea* kot posledica hibridizacije že prisotne nepatogene populacije z vnesenim novim in agresivnim sevom *C. fraxinea*,
- nastanek agresivnega mutanta znotraj prisotne populacije glive *C. fraxinea* nekje na območju

vzhodne Evrope ter prenos patogenih genov v preostalo populacijo,

- epidemija jesenovega ožiga kot posledica okoljskih sprememb (RYTKONEN et al., 2010).

Ne glede na obsežnost raziskav jesenovega ožiga, ki trenutno potekajo v Evropi, je pojasnitev nenadnega pojava omenjene bolezni še vedno kontroverzna. Bolezen se zelo verjetno razširja z askosporami, ki jih raznaša veter. Vrste jesena, ki so dovzetne za jesenov ožig, se razprostirajo na velikem območju znotraj Evrope, kar onemogoča ustavitve bolezni s fitosanitarnimi ukrepi. Vsekakor pa je nujno omejiti prenos bolezni na doslej še neokužena območja, predvsem z nadzorom transporta okuženega rastlinskega materiala. Dve ključni težnji raziskav in boja proti bolezni sta ugotoviti izvor bolezni in strukturo populacije *H. pseudoalbidus* ter zbrati in ohraniti obsežen nabor jesenovih semen (QUELOZ et al., 2010).

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je nastal v okviru projekta Jesenov ožig v Sloveniji in proučevanje glive *Chalara fraxinea* (L4-2301), programske skupine Gozdna biologija, ekologija in tehnologija (P4-0107) in Javne gozdarske službe na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Za predloge k izboljšavi prispevka se zahvaljujem doc. dr. Dušanu Jurcu (Gozdarski inštitut Slovenije) in dr. Ireni Oven (Biotehniška fakulteta). Dr. Nikici Ogrisu (Gozdarski inštitut Slovenije) se zahvaljujem za posredovanje in urejanje fotografskega materiala.

VIRI

REFERENCES

- BICKFORD, D./LOHMAN, D. J./SODHI, N. S./NG, P. K. L./MEIER, R./WINKER, K./INGRAM, K. K./DAS, I., 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 22, s. 148-155.
- BRASIER, C., 2000. The rise of hybrid fungi. *Nature*, 405, s. 134-135.
- ENGESSER, R./QUELOZ, V./MEIER, F./KOWALSKI, T./HOLDERIEDER, O., 2009. Das Triebsterben der Esche in der Schweiz. *Wald und Holz*, 6, s. 24-27.
- ETH Zurich, 2010. New fungus strikes the ash at its core. *ScienceDaily*. Url: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100416220218.htm> (28. 4. 2010)
- HANTULA, J./DUSABENYAGASANI, M./HAMELIN, R. C., 1996. Random amplified microsatellites (RAMS) — a novel method for characterizing genetic variation

#

Piškur, B.: Kaj se dogaja z jesenom pri nas? - Četrto nadaljevanje

- within fungi. *European Journal of Forest Pathology*, 26, s. 159-166.
- HAUPTMAN, T./OGRIS, N./JURC, D., 2010. Kaj se dogaja z jesenom pri nas? Tretje nadaljevanje. *Gozdarski vestnik*, 68, s. 71-73.
- JURC, D., 2009. Kaj se dogaja z jesenom pri nas? Prvo nadaljevanje. *Gozdarski vestnik*, 67, s. 67-68.
- KIRISITS, T./MATLAKOVA, M./MOTTINGER-KOUPA, S./CECH, T. L. / HALMSCHLAGER, E., 2009. The current situation of ash dieback caused by *Chalara fraxinea* in Austria. Proceedings of the conference of IUFRO working party 7.02.02, Egirdir, Turkey, 11.-16. May 2009. *SDU Faculty of Forestry Journal*. Isparta, Turkey, Suleyman Demirel University, Special edition, s. 97-119.
- KOWALSKI, T./HOLDENRIEDER, O., 2009. The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *Forest Pathology*, 39, s. 304-308.
- KOWALSKI, T., 2006. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology*, 36, s. 264-270.
- OGRIS, N./HAUPTMAN, T./JURC, D., 2009. *Chalara fraxinea* causing common ash dieback newly reported in Slovenia. *Plant Pathology*, 58, s. 1173.
- OGRIS, N., 2009. Kaj se dogaja z jesenom pri nas? Drugo nadaljevanje. *Gozdarski vestnik*, 67, s. 251-253.
- PHILLIPS, W. A., 1887. *Manual of the British Discomycetes*, pp. i-xii, 1-462, 12 plates, 138 s.
- REDECKER, D., 2002. New views on fungal evolution based on DNA markers and fossil record. *Research in Microbiology*, 153, s. 125-130.
- RYTKONEN, A./LILJA, A./DRENKHAN, R./GAITNIEKS, T./HANTULA, J., 2010. First record of *Chalara fraxinea* in Finland and genetic variation among isolates sampled from Åland, mainland Finland, Estonia and Latvia. *Forest Pathology*, doi: 10.1111/j.1439-0329.2010.00647.x
- QUELOZ, V./GRUNIG, C. R./BERNDT, R./KOWALSKI, T./SIEBER, T. N./HOLDENRIEDER, O., 2010. Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. *Forest Pathology*, doi: 10.1111/j.1439-0329.2010.00645.x

Gozdarski vestnik, LETNIK 68'LETO 2010'STEVILKA 5-6

Gozdarski vestnik, VOLUME 68'YEAR 2010'NUMBER 5-6

Gozdarski vestnik je na Ministrstvu za kulturo vpisan v Razvid medijev pod zap. št. 610.

Glavni urednik/Editor in chief
mag. Franc Perko

Uredniški odbor/Editorial board

Jure Beguš, prof. dr. Andrej Bončina, doc. dr. Robert Brus, Dušan Gradišar, Jošt Jakša, dr. Klemen Jerina, doc. dr. Aleš Kadunc, doc. dr. Darij Krajčič, dr. Mirko Medved, prof. dr. Ladislav Paule, mag. Mitja Piškur, prof. dr. Stanislav Sever, dr. Primož Simončič, prof. dr. Heinrich Spiecker, Jože Sterle, Baldomir Svetličič, mag. Živan Veselič

Dokumentacijska obdelava/Indexing and classification
mag. Maja Božič

Uredništvo in uprava/Editors address

ZGD Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLOVENIJA
Tel.: +386 01 2007866

E-mail: franc.v.perko@siol.net

Domača stran: <http://www.dendro.bf.uni-lj.si/gozdV.html>
TRR NLB d.d. 02053-0018822261

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

Letno izide 10 števil/10 issues per year

Posamezna številka 7,70 EUR. Letna naročnina:
fizične osebe 33,38 EUR, za dijake in študente
20,86 EUR, pravne osebe 91,80 EUR.

Izdajo številke podprto/Supported by
Javna agencija za knjigo Republike Slovenije
in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS

Gozdarski vestnik je eferiran v mednarodnih bibliografskih zbirkah/Abstract from the journal are comprised in the international bibliographic databases:
CAB Abstract, TREECD, AGRIS, AGRICOLA.

Mnenja avtorjev objavljenih prispevkov nujno ne izražajo stališč založnika niti uredniškega odbora/Opinions expressed by authors do not necessarily reflect the policy of the publisher nor the editorial board



Fotografije na naslovnici:
Jurij Koščak