

Tihomir VALIDŽIĆ¹, Dario IVIĆ², Adrijana NOVAK²

¹Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za stručnu podršku razvoju poljoprivrede, Područna služba za stručnu podršku Osijek

²Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za zaštitu bilja, Zagreb
tihomir.validzic@mps.hr

ŠIRENJE GLJIVIČNIH BOLESTI – NOVI IZAZOV KOMERCIJALNOJ PROIZVODNJI BADEMA U ISTOČNOJ HRVATSKOJ

SAŽETAK

Uspješna komercijalna proizvodnja badema u istočnoj Hrvatskoj sve je ugroženija širenjem gljivičnih i bakterijskih bolesti koje mogu uništiti više od 80 % uroda. Znanost za sada nema odgovor o razlozima nagloga širenja takvih bolesti, ali se pretpostavlja da su klimatske promjene i širenje proizvodnih područja uzgoja badema iz mediteranskog dijela dublje na europski kontinent okidači aktivacije poznatih gljivičnih i bakterijskih patogena kao vrlo opasnih bolesti. Nakon ulaska u Europsku uniju, u Republici Hrvatskoj sade se veći komercijalni nasadi badema ponajviše u Istri i Dalmaciji. Istodobno su u istočnoj Hrvatskoj podignuti manji komercijalni nasadi površine od jednog do sedam hektara, od kojih su neki stariji od 12 godina. Tijekom vegetacijske sezone 2023., na lokalitetu Aljmaš, uzorkovani su zaraženi listovi, plodovi, rodni izbojci i kora debla. Uzorci zaražena biljnog materijala uzeti su u trajnom nasadu badema površine 2,16 ha i starosti 6 godina. Simptomi na uzorkovanom biljnom materijalu bili su vrlo slični: odumiranje skeletnih grana, palež i sušenje rodni izbojaka, prisutnost narančastog ili prozirnog eksudata na plodovima i izbojcima, rak-rane na izbojcima i deblima te nekrotične lezije na plodovima i izbojcima. Morfološkom i molekularnom analizom sekvenci ribosomske DNA, u uzorcima je utvrđena prisutnost četiriju gljivičnih patogena: *Phomopsis velata* (sušenje pupa i izbojaka), *Neofusicoccum parvum* (gljivični rak), *Colletotrichum acutatum* (antraknoza) i *Monilinia laxa* (palež cvijeta i mladica). *Colletotrichum acutatum* prvi je put molekularno potvrđen na bademu u Republici Hrvatskoj, a identifikacija vrste *Phomopsis velata* smatra se prvim nalazom toga patogena na bademu u našoj zemlji. Ovaj rad daje prikaz životnog ciklusa, simptomatologije i epidemiologije četiriju navedenih patogena, kao i trenutačno dostupnih mjera i metoda zaštite badema od spomenutih bolesti.

Ključne riječi: badem, *Phomopsis velata*, *Neofusicoccum parvum*, *Colletotrichum acutatum*, *Monilinia laxa*, mjere zaštite

UVOD

Badem, *Prunus amygdalus* (*syn. P. dulcis*), sredozemna je voćna kultura koja pripada porodici ružovki (*Rosaceae*). U RH naziva se još i bajam, mendula, slatki

bajam ili slatki badem. Badem je jedina vrsta iz roda *Prunus* koja se uzgaja isključivo za iskorištavanje jezgre (sjemenke), pa se klasificira kao orašasti plod, a ne kao koštuničasto voće (Socias i Gradziel, 2017.).

Više od 90 % tržišnih potreba RH za bademom zadovoljava se uvozom iz drugih zemalja, stoga je posljednjih 20-ak godina povećan interes za sadnjom većih komercijalnih nasada badema. Danas nije neuobičajeno da se nasadi podižu i u istočnoj Hrvatskoj, veći i od dva hektara i stariji od 12 godina. Osnovni je problem u zaštiti intenzivnih nasada badema u istočnoj Hrvatskoj nedovoljna educiranost voćara o dostupnim mjerama i metodama zaštite, kao i nedostatak dovoljnog broja registriranih sredstava za zaštitu bilja.



Slika 1. Trajni nasad badema u k.o. Aljmaš (2,16 ha) u kojemu su pronađene četiri vrlo opasne gljivične bolesti (snimio T. Validžić)

Podatci o ukupno prijavljenim površinama badema u RH i istočnoj Hrvatskoj za ostvarivanje državne potpore u 2023. godini prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Površine nasada badema u RH i pet slavonskih županija u 2023. godini (Izvor: APPRRR, 2023)

Table 1. Total crop area of almond plantations in the Republic of Croatia and five Slavonian counties in 2023 (Source: APPRRR, 2023)

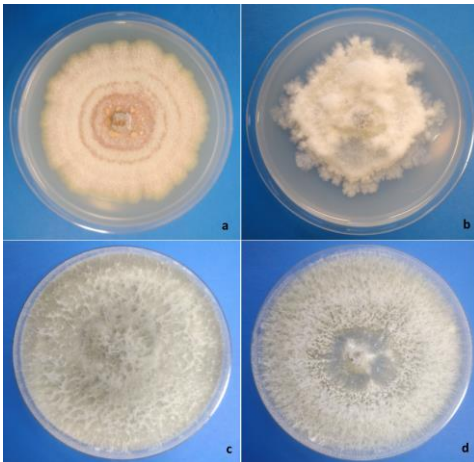
	Površina (ha)	Broj gospodarstava
Badem – ukupno u RH	1.150	1.282
Badem - istočna Hrvatska (županije: <i>Osječko-baranjska, Vukovarsko-srijemska, Brodsko-posavska, Požeško-slavonska i Virovitičko-podravska</i>)	75	70

Ovim se radom želi dati prikaz simptomatologije te do sada poznate epidemiologije četiriju gljivičnih bolesti koje su u vegetacijskoj sezoni 2023. pronađene u nasadu badema na lokalitetu Aljmaš – sušenja pupa i izbojaka (*Phomopsis velata*), gljivičnog raka (*Neofusicoccum parvum*), antraknoze (*Colletotrichum acutatum*) i paleži cvijeta i grančica (*Monilinia laxa*). Ovaj će rad također dati prikaz trenutačno dostupnih mjera zaštite badema od četiriju navedenih bolesti kako bi se voćarima omogućila tržišno konkurentna proizvodnja u RH.

MATERIJALI I METODE

Uzorci biljnog materijala (zaraženi listovi, mladi izbojci i plodovi, kora debla i skeletnih grana) uzeti su tijekom mjeseca kolovoza 2023. godine u trajnom nasadu badema na lokalitetu u k.o. Aljmaš (koordinate: 45°31'23,69" N i 18°58'15,80" E), površine 2,16 ha i starosti 6 godina (slika 1). Laboratorijska analiza provedena je u Centru za zaštitu bilja – HAPIH, Zagreb. Plodovi i kora isprani su vodom, izrezani i površinski sterilizirani u 70 %-tnom etanolu te postavljeni na inkubaciju u vlažnu komoru pri 22 – 25 °C. Izbojci su isprani vodom te razrezani na fragmente veličine do 5 mm, koji su sterilizirani u etanolu, isprani u demineraliziranoj vodi, prosušeni i inokulirani na krumpir-dekstrozni agar (KDA). Nakon 7 do 10 dana inkubacije, listovi, plodovi i kora mikroskopski su analizirani na prisutnost gljiva. Konidije, acervuli ili druge gljivične strukture koje su se razvile prebačene su na KDA. Također, pregledane su i kulture razvijene na KDA iz fragmenata izbojaka.

Preliminarna identifikacija utvrđenih vrsta gljiva provedena je na temelju morfologije kultura na KDA (slika 2). S listova je izoliran *Colletotrichum* sp. S plodova su izolirani *Colletotrichum* sp., *Monilinia* sp. i *Neofusicoccum* sp. S izbojaka su izolirani *Phomopsis* sp. i *Neofusicoccum* sp. Svi izolati, osim onih *Neofusicoccum* sp., sporulirali su na KDA.



Slika 2. Kulture patogenih gljivica na hranjivoj podlozi: a) *Colletotrichum acutatum*, b) *Monilinia laxa*, c) *Neofusicoccum parvum*, d) *Phomopsis velata* (snimio D. Ivić)

Identifikacija do razine vrste provedena je lančanom reakcijom polimerazom (PCR) i sekvenciranjem. Ukupan DNA izoliran je iz micelija kompletnom DNeasy Plant Kit® (Qiagen), nakon čega je proveden PCR s parom početnica ITS1/ITS4

(White i sur., 1990.). Parametri reakcije bili su 95 °C/2 min, 30 x (95 °C/20 sek, 55 °/25 sek, 72 °C/50 sek) i 72 °C/10 min. PCR produkti vizualizirani su elektorforezom na 1 %-tnom agaroznom gelu (45 min pri 110 V), pročišćeni GenElute® PCR Clean-Up kompletom (Sigma-Aldrich, USA) te poslani na sekvenciranje u Macrogen Europe®. Dobivene sekvence sastavljene su, provjerene, uređene i konačno uspoređene sa sekvencama iz Genbank® online baze podataka korištenjem računalnog programa Geneious Prime 2023.1.1 (<http://www.geneious.com>). Na temelju podudarnosti sekvenci (sve 99 % ili više) sa postojećima iz baze, vrste su determinirane kao *Colletotrichum acutatum*, *Monilinia laxa*, *Neofusicoccum parvum* i *Phomopsis velata*.

SUŠENJE PUPA I IZBOJAKA (*Phomopsis velata*, sin. *Diaporthe eres* Nitschke)

Vrste iz roda *Diaporthe* i njihov nespolni stadij razvoja *Phomopsis* spp. uzročnici su bolesti širokog spektra biljnih domaćina, od kojih su neke gospodarski važne u cijelom svijetu (Ristić i sur., 2016.). Prikrivena tzv. kriptična diversifikacija, fenotipska plastičnost te spolni i nespolni stadiji razmnožavanja kompliciraju točnu identifikaciju vrsta u tom rodu (Udayanga i sur., 2014.). Sušenje pupa i izbojaka (*Phomopsis velata*) posljednjih se godina naglo širi u nasadima u cijelom mediteranskom bazenu. U stručnoj literaturi za vrstu *P. velata* pojavljuje se 31 sinonim, od kojih se najčešće koristi *Diaporthe eres*. Ovaj rad potvrđuje prvi nalaz *P. velata* u bademu u RH (morfološka i molekularna analiza sekvenci ribosomske DNA). Prvi nalaz vrlo srodne vrste *Phomopsis amygdali* potvrđen je molekularnom analizom u nekoliko nasada u Republici Mađarskoj 2017. godine (Varjas i sur., 2017.).

Simptomatologija i epidemiologija

Tipičan je simptom napada *P. velata* nekrotično odumiranje kore na rodnim izbojcima, što rezultira sušenjem izbojka i pripadajućih pupova (slika 3). Sekundarni je simptom povremeno lučenje gumoznog eksudata (smolotok) iz rak-rana. Kod uznapredovale zaraze može doći do sušenja skeletnih grana ili čak do propadanja cijelog stabla. Početni simptomi pojavljuju se na peteljci, listu ili rodnim izbojcima na kojima se vide karakteristične prugaste lezije (Miličević, 2023.; Pereira Bezerra i Fan, 2022.). Patogen se širi abiotičkim čimbenicima (voda i vjetar), razvojem spolnih i nespolnih spora. Vrsta *D. eres* ima spolne i nespolne oblike. Kod spolnog stadija gljivica stvara askuse s osam askospora. Nespolni stadij *P. velata* razvija piknide s piknosporama. Patogen prezimljava u rak-ranama tvoreći plodna tijela peritecije s askosporama koje ostvaruju primarnu zarazu na proljeće (Udayanga i sur., 2014.).



Slika 3. Simptomi napada *P. velata* na rodnom izbojku badema (snimio T. Validžić)

Zaštita

U zaštiti badema od gljivičnog raka za sada su dostupne samo preventivne mjere. Preventivnim pomotehničkim mjerama nastoji se postići smanjenje primarnog inokuluma u zaraženu nasadu, tj. smanjenje „udomaćivanja“ patogena na najmanju moguću mjeru (Pereira Bezerra i Fan, 2022.). Ta preventivna mjera obuhvaća uklanjanje zaraženih izbojaka i grana te spaljivanje izvan nasada (sanitarna rezidba). Miličević, 2023., navodi kako se mogu provesti preventivni tretmani fungicidima na bazi bakra (*bakreni hidroksid*) u sklopu programa zaštite badema od šupljikavosti lista (*Stigmia carpophila*), kovrčavosti lista (*Taphrina deformans*) i dr. Tretmani se provode dva do tri puta godišnje, i to ujesen prije opadanja lišća, zatim pred kretanje vegetacije i u proljeće nakon cvatnje. Prema FIS-u, od 19. 2. 2024. u RH nemamo fungicida registriranih za suzbijanje sušenja pupa i izbojaka.

GLJIVIČNI RAK BADEMA (*Neofusicoccum parvum*)

Gljivični rak badema, koji uzrokuje patogena gljivica *Neofusicoccum parvum*, pripada skupini vrlo opasnih i žestokih patogena iz porodice *Botryosphaeriaceae*. U svijetu se provode intenzivna istraživanja gljivičnog raka, te je utvrđeno da se ne radi o jednom, već o kompleksu patogena iz rodova *Aplosporella*, *Botryosphaeria*, *Diplodia*, *Dothiorella*, *Neofusicoccum* i dr., koji redovito prate jedni druge u zaraženim nasadima (Gramaje i sur., 2012.). Ta pojava znatno otežava evaluaciju simptoma bolesti na bademu jer je za sada vrlo teško odrediti koja je vrsta primarni patogen u analiziranom biljnom materijalu, ili se možda radi o kumulativnoj patogenosti više vrsta gljivica.

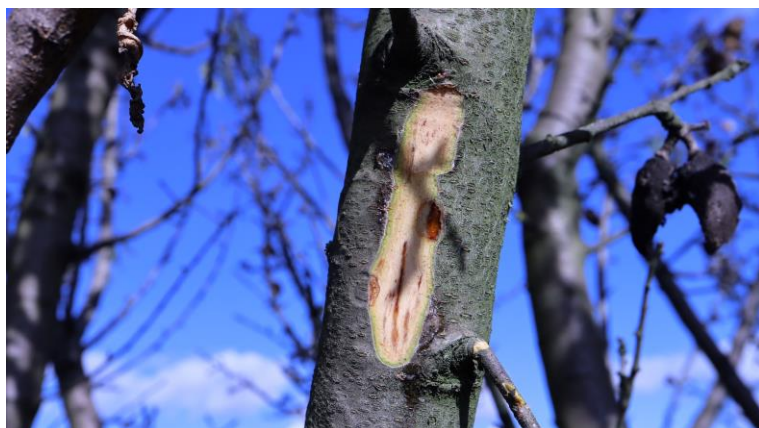
U nasadima badema u Kaliforniji voćari posljednjih godina prijavljuju gubitke od 10 % stabala svake vegetacijske sezone (Michailides i sur., 2018.). Ako se prvi simptomi na voćnim vrstama pojave u obliku odumiranja dijelova krošnje, u zapadnoj literaturi bolest se naziva *Canopy canker* (Moral i sur., 2019.), a simptomi bolesti na deblu uz obilan narančasti smolotok, nazivaju se *Band canker* (Michailides i sur., 2018.).



Slika 4. Simptomi zaraze *N. parvum* na peteljka plodova badema (Snimio: T. Validžić)

Simptomatologija i epidemiologija

Početni simptomi gljivičnog raka vidljivi su na krošnji – nagla kloroza i sušenje listova, sušenje plodova i smolotok, odumiranje jednogodišnjih izbojaka i skeletnih grana. Početni simptomi na deblu vide se kao nekrotične lezije na kori (rak-rane), koje se radijalno šire u obliku prstena iz kojih se luči obilan narančasti smolotok (slika 6). Provodno tkivo ksilema nekrotizira i dobiva tamniju boju (slika 5). Na poprečnu presjeku odumrlih grana uočavaju se nekrotizirani dijelovi ksilema u obliku kružnih isječaka veće ili manje površine (Gramaje i sur., 2012.).



Slika 5. Nekrotične lezije na kori skeletne grane badema uz lučenje narančastog smolotoka i vidljivu nekrozu provodnog tkiva (Snimio: T. Validžić)

Epidemiologija i životni ciklus *N. parvum* na bademu za sada nisu detaljno istraženi. Općenito su vrste iz porodice *Botryosphaeriaceae* monociklički ili policiklički patogeni. U oba slučaja intenzitet zaraze i jačina simptoma uvelike

ovise o količini primarnog inokuluma (Moral i sur., 2019). Patogen prodire u biljno tkivo putem prirodnih otvora ili svježih rana nastalih rezidbom, strojnim otresanjem u berbi, tučom i mazopucom (Gramaje i sur., 2012.). Izvori primarnog inokuluma mogu biti okolna vegetacija, nasadi drugih vrsta (orah) ili zapušteni nasadi badema, oraha, pistacije, s kojih se spore putem vjetra ili vode prenose u nasad badema na svježe rane od rezidbe ili oštećenja na kori (Michailides i sur., 2018; Trouillas, 2021.).



Slika 6. a) Početni simptomi gljivičnog raka na deblu badema (eng. Band canker), b) Završni simptom – odumiranje debla (snimio: T. Validžić)

Zaštita

U svijetu za sada nisu poznate ili dostupne nikakve kurativne mjere u zaštiti badema od gljivičnog raka. Kada je stablo zaraženo rakom, općenito se ne može izliječiti, pa su ključne preventivne mjere (Trouillas, 2021.). Kritična pomotehnička mjera je rezidba, jer patogen prodire u stablo kroz svježe rane od rezidbe. Stoga je općenita preporuka da se zimska rezidba nasada ne obavlja za vrijeme kišna ili maglovita vremena. Premazivanje svježih rana od rezidbe aktivnom tvari *Tiofanat-metil* ili biološkim preparatom na bazi *Trichoderma atroviride* soj SC1 pokazalo je vrlo veliku učinkovitost u sprječavanju prodora *Botryosphaeriaceae* vrsta koje izazivaju simptome gljivičnog raka, u rasponu od 80 do 100 % (Trouillas, 2021). Prema FIS-u, od 19. 2. 2024. za suzbijanje gljivičnog raka u RH nemamo registriranih fungicidnih pripravaka. Pripravak Vintec (*Trichoderma atroviride* soj SC1) registriran je za

primjenu u vinovoj lozi za premazivanje rana od rezidbe u zaštiti od eske, eutipoze i sive grožđane plijesni (FIS, 2023).

ANTRAKNOZA BADEMA (*Colletotrichum acutatum*)

Antraknoza badema, čiji je uzročnik gljivica *Colletotrichum acutatum*, trenutačno je jedna od najznačajnijih bolesti badema u mediteranskom bazenu, Kaliforniji i Australiji. Razlogom nagla širenja bolesti smatraju se klimatske promjene koje su omogućile uzgoj badema u potpuno novim klimatskim, edafskim i orografskim uvjetima (Arquero i sur., 2013.). Prisutnost *C. acutatum* u nasadu badema u RH prvi put je potvrđena i morfološkom i molekularnom analizom sekvenci ribosomske DNA.

Simptomatologija i epidemiologija

Patogena gljivica *C. acutatum* uglavnom napada plodove badema, ali mogu biti zahvaćeni i cvjetovi, listovi i rodne grančice (Palacio-Bielsa i sur. 2017.). Najuočljiviji simptomi bolesti budu na plodovima u obliku udubljenih, okruglih, narančasto-smeđih lezija promjera 5 do 12 mm s obilnim narančastim smolotokom (slika 7). Zaraženi plodovi suše se i mumificiraju te otpadaju sa stabala tijekom ljeta (López-Moral i sur., 2020.). Manji broj zaraženih i mumificiranih plodova ostaje na stablima sve do proljeća sljedeće vegetacijske sezone i osnovni su izvor inokuluma za ostvarivanje primarnih zaraza (Förster i Adaskaveg, 1999.). Kod jače zaraženih stabala dolazi do odumiranja skeletnih grana. Lišće na zaraženim stablima može pokazivati simptome nekrotičnih lezija crvene boje, koje se šire od rubova i zahvaćaju cijelu plojku lista (López-Moral i sur., 2017.).



Slika 7. a) Zaostajanje u razvoju i mumifikacija plodova badema kao posljedica ranog napada gljivice *C. acutatum*, b) narančasti smolotok na plodovima zaraženima s *C. acutatum* (snimio T. Validžić)

C. acutatum pripada skupini policikličkih patogena jer u jednoj godini dovrši dva ili više životnih ciklusa. Gljivica prezimi uglavnom u mumificiranim plodovima koji ostaju na stablima. Primarne zaraze ostvaruju se u proljeće. Konidije se šire kišom, a primarne zaraze ostvaruju se na cvjetovima, listovima

ili mladim zametnutim plodovima, koji su i najosjetljiviji na napad. Osnovni preduvjet za širenje sekundarnih (ljetnih) zaraza svakako je voda (oborine ili navodnjavanje kišenjem), (López-Moral i sur., 2020.; Peres i sur., 2005.).

Zaštita

Provođenje preventivnih mjera posebno je važno jer se bolest nakon primarne zaraze polako širi i udomaćuje u nasadu (López-Moral i sur., 2020.). Preventivne mjere odnose se na pomotehniku – sanitarna rezidba zaraženih izbojaka i grana te uklanjanje mumificiranih plodova iz nasada. Dobru preventivnu fungicidnu zaštitu nasada badema u SAD-u i Španjolskoj pružili su pripravci na bazi: *klorotalonila*, *fenbukonazola*, *propikonazola*, *tebukonazola*, *iprodiona*, *mankozeba*, *tiofanat-metila*, *azoksistrobina*, *piraklostrobina*, *boskalida*, *fluopirama* i *folpeta*. S preventivnim fungicidnim tretmanima treba započeti u fenofazi bijelih balona ili kada je 5 % do 10 % cvjetova otvoreno. Za vlažna i kišovita vremena potrebno je provesti 2 do 3 tretmana u razmacima od 10 do 14 dana (Adaskaveg i sur., 2017.; Lovera i sur., 2019.). Prema FIS-u, od 19. 2. 2024. u RH nemamo fungicida registriranih za suzbijanje antraknoze, iako je pripravak Signum (*piraklostrobin + boskalid*), registriran za suzbijanje paleži cvijeta i mladica (*Monilinia* spp.) i šupljikavost lista (*Wilsonomyces carpophilus*).

PALEŽ CVIJETA I SUŠENJE GRANČICA BADEMA (*Monilinia laxa*)

Palež cvijeta i sušenje mladica zajednički je naziv simptoma koje na bademu izazivaju gljivice *Monilinia laxa*, *Monilinia fructigena*, a sve češće i *Monilinia fructicola*. Sve tri vrste registrirane su i u RH na mnogim koštuničastim i jezgričastim voćnim vrstama, posebno kao tzv. skladišne bolesti (Ivić i Novak, 2012.). Štete na bademu mogu biti različite, ovisno o fenofazi razvoja.



Slika 8. a) *Monilinia laxa*, simptomi na rodnoj grančici; b) rak-rana na dvogodišnjoj grani badema (snimio T. Validžić)

Simptomatologija i epidemiologija

Kao posljedica ranog napada *M. laxa*, latice zaraženih cvjetova s pripadajućim mladim listovima posmeđe, nakon čega se suše i nekrotiziraju (slika 8). Sa

zaraženih cvjetova gljiva se širi i u mlade izbojke koji se suše zajedno s pripadajućim listovima. Na zaraženim izbojcima mogu se formirati rak-rane eliptična oblika koje su, uz mumificirane plodove na stablima, izvor inokuluma za primarne zaraze u sljedećoj vegetacijskoj sezoni (Holb, 2008.). Zaražene grančice s rak-ranama mogu se ukloniti iz nasada jedino sanitarnom rezidbom.

Zaštita

Osnovna zaštita badema od *M. laxa* treba se temeljiti na sprječavanju primarnih zaraza pred početak cvatnje ili u samoj cvatnji. Vrlo važna preventivna mjera obuhvaća mehaničko uklanjanje i iznošenje iz nasada mumificiranih plodova iz prethodne vegetacije, kao i sanitarnu rezidbu i spaljivanje sasušeni jednogodišnjih izbojaka. U uvjetima niske relativne vlage zraka, izostanka oborina i niske koncentracije inokuluma, nasad se može zaštititi jednim fungicidnim tretmanom u fenofazi ružičastog pupa, tj. kada je 5 do 10 % cvjetova otvoreno (Adaskaveg i sur., 2017.). Prema FIS-u, od 19. 2. 2024. za ovu su namjenu u RH registrirani slijedeći pripravci: Signum (*piraklostrobin + boskalid*) i biološki pripravak Serenade aso (*Bacillus amyloliquifaciens* soj QST 713), (FIS, 2023).

REZULTATI I RASPRAVA

Istraživanja u svijetu i RH pokazuju kako se na bademu svake godine, uz već poznate patogene i bolesti, pronalaze i nove gljivične bolesti. Iz toga proizlazi da patogeni potencijal mnogih već poznatih gljivica nije ni približno iscrpljen. To potvrđuju i recentna istraživanja u Iranu i Maroku. Mirabdollahi i sur., 2019., istraživali su masovno propadanje cijelih stabala/grmova divljega badema (*Amygdalus scoparia* Spach) u Iranu (slika 9). Identificirani patogeni koji su izazivali simptome raka i odumiranja u većem postotku bili su: *Wilsonomyces carpophilus*, *Thyrostroma cornicola*, *Collophorina paarla* i *Ulocladium consortiale*. U manjim postotcima bili su determinirani slijedeći patogeni: *Endoconidioma populi*, *Microsphaeropsis olivacea*, *Trichoderma asperellum*, *Paecilomyces formosus*, *Sacrothecium rubi*, *Preussia sp.* i *Chaetomium globosum*. Goura i sur., 2023., istraživali su u Maroku vrlo jak intenzitet odumiranja (canker), skeletnih grana i stabala badema. Identificirana su četiri gljivična patogena, i to: *Curvularia hawaiiensis*, *Fusarium ambrosium*, *Lasiodiplodia theobromae* i *Chondrestereum purpureum*.

Rezultati ovih istraživanja pokazuju vrlo visoku akumulaciju novoidentificiranih patogena u pojedinim proizvodnim područjima badema, koji bi se u bliskoj budućnosti mogli proširiti i na sva proizvodna područja u svijetu.



Slika 9. Grm divljeg badema *Amygdalus scoparia* u rezervatu prirode u Iranu (Izvor: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/image/id/505437.html>)

ZAKLJUČAK

Proizvodnja badema u svijetu, pa tako i u RH, postaje sve složenija, posebno što se tiče zaštite od gljivičnih bolesti. Gotovo svake godine u svijetu se otkrivaju novi patogeni koji ugrožavaju stabilnu proizvodnju badema. Pretpostavlja se da su klimatske promjene (stres voćaka), promjene u tehnologiji sadnje (vrlo velik broj stabala po jedinici površine), kao i širenje proizvodnih područja badema „dublje na kontinent“, prouzročili masovnu reaktivaciju poznatih i prisutnih (gljivičnih i bakterijskih) patogena kao vrlo opasnih bolesti. Pojedini autori opisane patogene u stručnoj literaturi nazivaju „uspavani divovi“ (sleeping giants).

Ovaj je rad pokazao kako u svrhu zaštite badema od sušenja pupa i izbojaka, gljivičnog raka, antraknoze i paleži cvijeta i mladica, voćari imaju na raspolaganju samo preventivne agrotehničke/pomotehničke i preventivne kemijske mjere zaštite. Sva dosadašnja istraživanja u svijetu pokazala su kako kurativni tretmani protiv tih četiriju gljivičnih bolesti nisu učinkoviti.

S obzirom na sve to, u EU-u situaciju posebno otežava činjenica vrlo stroge zakonske regulative u području registracije i primjene sredstava za zaštitu bilja te zdravstvene sigurnosti hrane. Te činjenice posebno su svjesni stručnjaci i specijalisti zaštite bilja (zaštitari), koji se trenutačno s gledišta prakse na terenu, nalaze u vrlo nezavidnoj situaciji.

Recentni rezultati istraživanja u Iranu i Maroku, blago rečeno, uznemirujući su zbog većega broja novopronađenih gljivičnih patogena na divljem bademu, koji mogu biti primarni inokulum i u bliskoj se budućnosti mogu potencijalno aktivirati kao nove vrlo opasne bolesti badema.

SPREADING OF FUNGAL DISEASES – A NEW CHALLENGE TO THE COMMERCIAL PRODUCTION OF ALMOND IN EASTERN CROATIA

SUMMARY

The successful commercial production of almond in eastern Croatia is increasingly threatened by the spread of fungal and bacterial diseases that can destroy more than 80% of the crop. For now, science has no answers about the reasons for the sudden spread of the mentioned diseases, and the assumption is that climate change and the expansion of the production areas of almond cultivation from the Mediterranean part deeper into the European continent are the triggers for the activation of known fungal and bacterial pathogens as very dangerous diseases. After joining the European Union, larger commercial almond plantations are being planted in the Republic of Croatia, mostly in Istria and Dalmatia. At the same time, smaller commercial almond plantations of 1-7 hectares, some of which are older than 12 years, were planted in eastern Croatia. During the growing season of 2023, at the Aljmaš locality, infected leaves, fruits, reproductive shoots and trunk bark were sampled. Samples of infected plant material were taken in a almond plantation with a total crop area of 2.16 ha and an age of 6 years. The symptoms on the sampled plant material were very similar: death of skeletal branches, shoots blight, presence of orange or transparent exudate on fruits and shoots, cancer on shoots and trunks, and necrotic lesions on fruits and shoots. Morphological and molecular analysis of ribosomal DNA sequences revealed the presence of four fungal pathogens in the samples: *Phomopsis velata* (shoot blight), *Neofusicoccum parvum* (canopy canker), *Colletotrichum acutatum* (anthracnose) and *Monilinia laxa* (brown rot blossom blight). *Colletotrichum acutatum* was molecularly confirmed for the first time on almonds in the Republic of Croatia, while the identification of the species *Phomopsis velata* is considered the first finding of this pathogen on almonds in the Republic of Croatia. This Paper provides an overview of the life cycle, symptomatology and epidemiology of the four mentioned pathogens, as well as the currently available measures and methods of protecting almond from the mentioned diseases.

Keywords: Almond, *Phomopsis velata*, *Neofusicoccum parvum*, *Colletotrichum acutatum*, *Monilinia laxa*, control measures

LITERATURA

Adaskaveg, J.E., Gubler, W.D., Duncan, R., Stapleton, J.J., Holtz, B.A., Trouillas, F.P. (2017.). UC IPM Pest Management Guidelines: Almond UC ANR, Publication 3431. Dostupno na: <https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/almond/anthracnose/#MANAGEMENT>, (pristupljeno: 8. 10. 2023.)

APPRRR (2023.). Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, dostupno na: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.apprrr.hr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F09%2FTrazene-kulture-na-Jedinstvenom-zahtjevu-iz-2023.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>, (pristupljeno: 7. 11. 2023.)

Arquero, O., Belmonte, A., Casado, B., Cruz-Blanco, M., Espadafor, M., Fernáandez, J.L., Gallego, J.C., García, A., Lorite, I., Lovera, M., et al. (2013.). Manual del Almendro, Ediciones Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural Sevilla, p. 81.

FIS (2023.). Fitosanitarni informacijski sustav RH, dostupno na: <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> (pristupljeno: 3. 11. 2023.)

Förster, H., Adaskaveg, J. E. (1999.). Identification of subpopulations of *Colletotrichum acutatum* and epidemiology of almond anthracnose in California. *Phytopathology*, 89(11), 1056-1065.

Geneious (2023). Bioinformatics software, dostupno na: <http://www.geneious.com>

Goura, K., Lahlali, R., Bouchane, O., Baala, M., Radouane, N., Kenfaoui, J., Ezrari, S., El Hamss, H., El Alami, N., Amiri, S., et al. (2023.). Identification and Characterization of Fungal Pathogens Causing Trunk and Branch Cankers of Almond Trees in Morocco. *Agronomy* 2023, 13, 130.

Gramaje, D., Agustí-Brisach, C., Pérez-Sierra, A., Moralejo, E., Olmo, D., Mostert, L., Damm, U., Armengol, J. (2012.). Fungal trunk pathogens associated with wood decay of almond trees on Mallorca (Spain). *Persoonia*; 28:1-13.

Holb, I. J. (2008.). Brown rot blossom blight of pome and stone fruits: symptom, disease cycle, host resistance, and biological control. *International Journal of Horticultural Science* 14, 15-21.

Ivić, D., Novak, A. (2012.). Smeđa trulež koštičavih voćaka [*Monilinia fructicola* (G. Winter) Honey] Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo. Zagreb, 1-88

López-Moral, A., Raya-Ortega, M. C., Agustí-Brisach, C., Roca, L. F., Lovera, M., Luque, F., Arquero, O., Trapero, A. (2017.). Morphological, pathogenic, and molecular characterization of *Colletotrichum acutatum* isolates causing almond anthracnose in Spain. *Plant disease*, 101(12), 2034-2045.

López-Moral, A., Agustí-Brisach, C., Lovera, M., Arquero, O., Trapero, A. (2020.). Almond Anthracnose: Current Knowledge and Future Perspectives. *Plants* 9(8), p.945

Lovera, M., Arquero, O., Roca, L.F., López-Moral, A., Raya, M.C., Agustí-Brisach, C., Trapero, A. (2019.). Evaluación de tratamientos fungicidas para el control de las enfermedades de la parte aérea del almendro; Proceedings of the 'XI Jornada Fruticultura SECH'; Sevilla, Spain. 18–19

Michailides, T. J., Inderbitzin, P., Connell, J. H., Luo, Y. G., Morgan, D. P., & Puckett, R. D. (2018.). Understanding band canker of almond caused by *Botryosphaeriaceae* fungi and attempts to control the disease in California. *Acta Horticulturae*, (1219), 303–310

Miličević, T. (2023.). Najvažnije bolesti bajama, *Gospodarski list* (6), dostupno na: <https://gospodarski.hr/rubrike/vocarstvo-rubrike/najvaznije-bolesti-bajama> (pristupljeno: 14. 10.2023.)

Mirabdollahi Shamsi, M., Akbarinia, M., Mirabolfathy, M., Manzari, S., Ahmadihah, A. (2019.). Dieback and decline of wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach) in the Harat protected forest of Yazd Province, Iran. *For Path* 49:e12538.

Moral, J., Morgan, D., Trapero, A., Themis, J., Michailides, T. J. (2019). Ecology and Epidemiology of Diseases of Nut Crops and Olives Caused by Botryosphaeriaceae Fungi in California and Spain, *Plant Disease* 103:8, 1809-1827

Palacio-Bielsa, A., Cambra, M., Martíñez, C., Olmos, A., Pallás, V., López, M.M., Adaskaveg, J.E., Förster, H., Cambra, M.A., Duval, H., et al. (2017). Almond Diseases, In *Almonds. Botany, Production and Uses*. Socias-Company R., Gradziel T.M., editors, CAB International; Boston, 321–374.

Plantarium (2024). Biljke i lišajevi Rusije i susjednih zemalja: online atlas i biljni vodič, dostupno na: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/image/id/505437.html>, (pristupljeno: 14. 2. 2024.)

Pereira Bezerra, J. D., Fan, X. (2022). ‘Diaporthe eres (apple leaf, branch and fruit fungus)’, *CABI Compendium*. CABI. doi: 10.1079/cabicompendium.18731.

Peres, N. A., Timmer, L. W., Adaskaveg, J. E., & Correll, J. C. (2005). Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *Plant disease*, 89(8), 784-796.

Ristić, D., Stevanović, M., Stošić, S., Vučurović, I., Gašić, K., Gavrilović, V., Živković, S. (2016). *Diaporthe eres* as a pathogen of quince fruit (*Cidonia oblonga*) in Serbia. *Scientific Agriculture Symposium, “Agrosym 2016”*, Proceedings, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, 1270-1275.

Socias i Company R., Gradziel, T. (2017). *Almonds: Botany Production and Uses*. Boston MA, dostupno na: <https://www.worldcat.org/title/almonds-botany-production-and-uses/oclc/973733300> (pristupljeno: 8. 10. 2023.)

Thomidis, T., Michailides, T. J. (2009). Studies on *Diaporthe eres* as a New Pathogen of Peach Trees in Greece. *Plant disease*, 93(12), 1293–1297.

Tortora, M. L., Díaz-Ricci, J. C., Pedraza, R. O. (2011). *Azospirillum brasilense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. *Archives of microbiology*, 193(4), 275–286.

Trouillas, F.P. (2021). How to Control Fungal Canker Diseases, dostupno na: <https://www.almonds.com/almond-industry/industry-news/how-control-fungal-canker-diseases>, (pristupljeno: 19. 2. 2024.)

UC IPM (2017). University of California-Integrated Pest Management Agriculture: Almond Pest Management Guidelines, Brown Rot Blossom Blight, dostupno na: <https://ipm.ucanr.edu/agriculture/almond/brown-rot-blossom-blight> (pristupljeno: 1. 11. 2023.).

Udayanga, D., Castlebury, LA., Rossman, AY., Cukeatirote, E., Hyde, KD. (2014). Insights in to the genus *Diaporthe*: Phylogenetic species delimitation in the *D. eres* species complex. *Fungal Diversity* 67, 203–229 (2014.).

Varjas, V., Vajna, L., Izsépi, F., Nagy G., Pájtli É. (2017). First report of *Phomopsis amygdali* causing twig canker on almond in Hungary, *Plant Disease* 101:9, 1674

Župić, I., Kožarić-Silov, G. (2017). Aktualni problemi u zaštiti intenzivnih nasada bajama od bolesti i štetnika', *Glasilo biljne zaštite*, 17(4), str. 384-393.

Izvorni znanstveni rad