

„Bikovo oko” – oboljenje uskladištenih plodova jabuke

Jelena Vukotić¹, Vera Stojšin¹, Mila Grahovac¹, Mladen Petreš¹, Dragana Budakov¹,
Milica Mihajlović², Jovana Hrustić², Brankica Pešić²

¹Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositej Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Republika Srbija
E-mail: jelena.medic@polj.edu.rs

²Institut za pesticide i zastitu životne sredine, Banatska 31b, 11000 Beograd, Republika Srbija

Primljeno: 26. decembra 2024. godine; prihvaćeno: 3. februara 2025. godine

Rezime. Fitopatogene gljive iz roda *Neofabraea* značajan su prouzrokovač rak-rana grančica i truleži uskladištenih plodova jabuke širom sveta. U Srbiji, prva pojava ovog oboljenja zabeležena 2016. godine na plodovima jabuke, a kao prouzrokovač identifikovana je vrsta *Neofabraea alba*. Infekcija plodova najčešće nastaje tokom vegetacije, a simptomi truleži se uočavaju nekoliko meseci kasnije, tokom perioda skladištenja. Na zaraženim plodovima dolazi do razvoja truleži koja utiče na promene kvaliteta ploda tokom perioda skladištenja, čiji intenzitet zavisi od tipa hladnjače i sorte jabuke. Suzbijanje ovog oboljenja u zasadima jabuke bazira se na adekvatnoj primeni sintetisanih fungicida. Međutim, zbog rizika po zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i mogućnosti razvoja rezistentnih populacija patogena, potrebno je razvijati alternativna rešenja u vidu efikasnih preparata biološkog porekla. U radu su sistematizovana dosadašnja saznanja o prouzrokovacima oboljenja iz roda *Neofabraea*.

Ključne reči: *Malus domestica*, *Neofabraea* spp., skladišni patogeni, trulež plodova

Uvod

Jabuka (*Malus × domestica* Borkh.) je jedna od najznačajnijih vrsta voćaka u Srbiji i svetu, sa porastom obima proizvodnje iz godine u godinu. Prema podacima FAOSTAT-a proizvodnja jabuke u Srbiji 2022. godine iznosila je 486.215 t, na površini od 27.253 ha (FAOSTAT, 2022). Vodeće mesto u svetu po količini proizvedene jabuke zauzima Kina sa 47,6 miliona tona, zatim Evropska unija sa 18,8 miliona tona, dok treće mesto pripada SAD sa 4,43 miliona tona. Najveći proizvođači jabuke u Evropi su Poljska (4,26 miliona tona) i Italija (2,25 miliona tona), dok Srbija, prema statističkim podacima, zauzima 11. mesto

(FAOSTAT, 2022). U Srbiji, prema površini zasada, jabuka zauzima drugo mesto, odmah iza šljive. Najveće površine pod jabukom nalaze se u opštinama Subotica (1.596 ha), Smederevo (1.340 ha) i Grocka (1.219 ha) (Keserović et al., 2014). Kako bismo razumeli rastući trend proizvodnje jabuke neophodno je sagledati njen značajan ekonomski potencijal, sa mogućnošću ostvarivanja profita tokom cele godine. Uz savremeni način skladištenja plodova i dobru agrarnu politiku, jabuka predstavlja najrentabilniju vrstu voćaka. Osim što se koristi u svežem obliku, ona takođe predstavlja i sirovinu za preradu u različite sekundarne proizvode, kao što su sok, koncentrat, džem, marmelada, kompot, sirup, pektin i jabučna

kiselina, što dodatno ukazuje na njen višestruk značaj (Keserović et al., 2014). Poošttravanjem standarda kvaliteta plodova i težnjom ka zdravstveno bezbednoj hrani, cilj proizvodnje preusmeren je sa kvantiteta na kvalitet i usklađenost sa međunarodnim principima proizvodnje.

Gubici tokom čuvanja plodova

Kako bi se omogućila dostupnost i prodaja tokom cele godine sa minimalnim gubicima, neophodno je uvesti najsavremenije pristupe u tehnologiju čuvanja plodova. Gubici nakon berbe i tokom čuvanja kreću se u rasponu 5–25% u razvijenim zemljama, dok u nerazvijenim i zemljama u razvoju dostižu čak 50% (Nunes, 2012). Na kvalitet jabuke i pojavu gubitaka u toku skladištenja utiču mnogobrojni faktori kao što su: temperatura, vrsta atmosfere u hladnjači, relativna vlažnost vazduha u komori i zdravstveno stanje plodova (Dudaš et al., 2022). Sa aspekta zdravstvenog stanja plodova, uzrok narušavanja kvaliteta može biti abiotičkog ili biotičkog porekla (pod uticajem delovanja mikroorganizama). Jedan od najznačajnijih uzroka propadanja plodova i mogućih gubitaka u toku skladištenja predstavljaju bolesti prouzrokovane fitopatogenim gljivama. Veliki broj fitopatogenih gljiva može dovesti do gubitaka u toku proizvodnje i skladištenja plodova. Pored dominantnih prouzrokovala truleži ploda jabuke, kao što su: *Penicillium* spp., *Monilinia fructigena* i *Botrytis cinerea*, značajan udeo imaju i rodovi: *Alternaria*, *Mucor*, *Fusarium*, *Neofabraea*, *Colletotrichum* i drugi (Grahovac et al., 2012; 2014; Petreš et al., 2018; 2019; 2020; Vukotić, 2024).

Neofabraea spp. – prouzrokovali truleži ploda jabuke

Trulež ploda jabuke, poznatu kao „Bull’s eye rot” („bikovo oko”), prouzrokuje nekoliko vrsta fitopatogenih gljiva roda *Neofabraea*: *Neofabraea* (*Pezicula*) *malicorticis*, *N. perennans*, *N. alba*, *N. kienholzii*, kao i nedavno identifikovane vrste, *N. brasiliensis* i *N. actinidiae* (Vukotić, 2024). Vrste ovog roda odavno su poznate na prostorima pacifičkog severozapada (Grove, 1990), dok je prva pojava roda *Neofabraea* u evropskoj literaturi zabeležena je dvadesetih godina

XX veka, pri istraživanju zastupljenosti prouzrokovala truleži jabuke u Engleskoj (Heald, 1920). Prva pojava oboljenja prouzrokovana vrstom *N. alba* u Srbiji zabeležena je 2016. godine (Vico et al., 2016). U pogledu zastupljenosti *Neofabraea* spp. na uskladištenim plodovima jabuke, uočena su variranja u zavisnosti od: vremena i mesta uzorkovanja, koncepta zaštite pre berbe plodova, sorte jabuke, tipa hladnjača u kojima se čuvaju plodovi, higijene prilikom skladištenja i mnogih drugih faktora. Prema podacima iz Hrvatske (Sever et al., 2012), u strukturi populacije patogena na plodovima koji se čuvaju u ULO (Ultra low oxygen) hladnjačama rod *Neofabraea* zastupljen je 24,1% u odnosu na ostale prouzrokovala, dok u Norveškoj ovaj udeo iznosio 30% (Wenneker, 2019). U nedavnom istraživanju sprovedenom na našim prostorima, utvrđeno je da je zastupljenost vrsta roda *Neofabraea*, u odnosu na ostale prouzrokovala truleži, bila najveća kod sorte Zlatni delišes, sa čak 96% (Krsmanović et al., 2018).

Klasifikacija

Trulež ploda jabuke koju prouzrokuju vrste roda *Neofabraea* nedovoljno je istraženo oboljenje sa kontrolizovanom istorijom klasifikacije prouzrokovala oboljenja. Problem u klasifikaciji nastao je zbog različitog imenovanja vrsta usled nedovoljnog poznavanja biologije patogena. Kroz istoriju se navode i razni nazivi za oboljenje, u Evropi je bilo poznato kao antraknozna trulež, zatim gorka trulež, lenticelna trulež i *Gloeosporium* trulež (Snowdon, 1990). Najpoznatiji naziv oboljenja, koji je i danas u upotrebi, je „volovsko”, ili „bikovo oko”. Kompleks vrsta *Neofabraea* spp., odnosno *Phlyctema* spp. pripadaju carstvu Fungi, razdelu Ascomycota, podrazdelu Discomycetes, klasi Leotiomycetes, redu Helotiales, familiji Dermataceae. Rod *Neofabraea* sadrži 12 vrsta (Kirk et al., 2008), od kojih je za šest poznato da imaju sposobnost prouzrokovanja truleži ploda jabuke. Vrste ovog roda koje izazivaju trulež ploda jabuke su: *N. alba* (anamorf: *Phlyctema vagabunda*), *N. perennans* (anamorf: *Cryptosporiopsis perennans*), *N. malicorticis* (anamorf: *Cryptosporiopsis malicorticis*), *Neofabraea* sp. nov. (anamorf: *Cryptosporiopsis kienholzii*), *N. actinidiae* (anamorf: *Cryptosporiopsis actinidiae*) i *N. brasiliensis*.

Geografska rasprostranjenost i ekonomski značaj oboljenja

Oboljenje izazvano vrstama roda *Neofabrea* prvi je put opisano u oblasti američkog pacifičkog severozapada SAD, registrovano je u Kaliforniji, Masačusetsu, Ajdahu, Mičigenu, Nebraski, Ilinoisu, Zapadnoj Virđiniji i Pensilvaniji, odakle se dalje raširilo (Grove, 1990). Prva pojava roda *Neofabrea* u na evropskom kontinetu detektovana je prilikom istraživanja zastupljenosti prouzrokovaca truleži ploda jabuke u Engleskoj (Heald, 1920). Oboljenje je zatim registrovano u Nemačkoj, Danskoj, Holandiji, Poljskoj, Španiji, Italiji, Norveškoj, Finskoj, kao i drugim evropskim zemljama, uključujući i Srbiju (Grove, 1990; Vico et al., 2016). Prva pojava oboljenja u Južnoj Africi zabeležena je početkom druge polovine XX veka (Den Breeyen et al., 2019), a takođe je registrovana i na Novom Zelandu i u Australiji (<https://gd.eppo.int/taxon/>). Rasprostranjenost *N. brasiliensis* i *N. actinidiae* je za sada ograničena na teritorije Novog Zelanda, Australije i Brazila. Prema poslednjim istraživanjima, u južnom regionu Brazila predstavljaju dominantne patogene u odnosu na ostale vrste ovog roda (Sanhueza, 2015).

Vrste roda *Neofabrea* nisu registrovane u Kini i predstavljaju karantinske patogene koji bi mogli ugroziti proizvodnju jabuke. Osim toga, *N. alba* se od 2018. godine nalazi na karantinskoj listi u Brazilu, dok je u drugim državama ovaj patogen česta pojava. Takođe, *N. perennans* se u Čileu nalazi na A1 listi od 2019. godine. *N. alba* i *N. malicorticis* nalaze se na listi regulisanih nekarantinskih mikroorganizama u Evropi, pri čemu svaka država u kojoj je patogen detektovan sprovodi sopstvenu fitosanitarnu kontrolu kako bi se umanjio uticaj na ekonomiju, ekologiju i poljoprivredu te države „RNQP (Annex IV)” (<https://gd.eppo.int/>). U državama kao što su Finska, Australija, Švajcarska i Rusija registrovana je pojava oboljenja na ograničenom prostorima.

Praćenjem pojave i zastupljenosti oboljenja zabeležena su variranja u zavisnosti od dužine skladištenja, mesta i sorte jabuke. U Francuskoj, Norveškoj (Landfald, 1983) i Nemačkoj, rod *Neofabrea* se navodi kao glavni uzročnik propadanja plodova jabuke u skladištu (Bompeix & Cholodowski, 2000). Ekonomske štete prouzrokovane vrstama roda *Neofabrea* na jabuci u Nemačkoj i Danskoj kreću se do 62% (Maxin,

2012). U Norveškoj je zastupljenost truleži ploda jabuke tipa „bikovo oko” u hladnjačama iznosila 30% u odnosu na ostale prouzrokovace (Børve & Stensvand, 2013). U istraživanjima sprovedenim u Britanskoj Kolumbiji, oboljenje je registrovano na 40% plodova sorte Zlatni delišes, odnosno 9% plodova sorte Mekintoš (Sholberg & Haag, 1996), što ukazuje na značajan uticaj sorte jabuke na pojavu oboljenja. Konstatovano je i variranje u zastupljenosti vrsta roda *Neofabrea* u različitim periodima ispitivanja. U Velikoj Britaniji sprovedena su opsežna ispitivanja u kojima je praćen intenzitet pojave *Neofabrea* spp. tokom četiri godine. Uočena je različita zastupljenost u odnosu na godinu ispitivanja, gde je procenat zaraženih plodova tokom 2010/2011. godine iznosio 80–100%, nakon čega je zabeležen pad na prosečno 56% tokom 2013. godine, odnosno 16% tokom 2014. godine.

Vrsta *N. alba* (anamorf: *Phlyctema vagabunda* Desm.) prvi put je identifikovana 1847. godine u Francuskoj (Everett et al., 2019). Smatra se najrasprostranjenijim patogenom iz roda *Neofabrea* koji uzrokuje trulež plodova jabučastih vrsta voćaka u Evropi (Michalecka et al., 2016; Medić et al., 2019; Vukotić et al., 2022). Pored jabuke, koja je njen glavni domaćin, *N. alba* može se javiti i na jasenu, maslinama, vrstama iz rodova *Rubus* spp., *Sambucus* spp. i mnogim drugim biljkama (Romero et al., 2016). Ovaj patogen preživljava kao saprotrof na mrtvoj kori jabuke, kruške, masline, kao i na brojnim drvenastim i zeljastim biljkama. Prisustvo vrste *N. alba* zabeleženo je u Severnoj Americi, Australiji, Čileu, Japanu, Novom Zelandu i Južnoj Africi, dok je u Kini klasifikovan kao karantinska vrsta (Cao et al., 2013; Den Breeyen et al., 2019). U Srbiji je trulež ploda jabuke prouzrokovana vrstom *N. alba* prvi put zabeležena 2016. godine (Vico et al., 2016). Istraživanjima koja su usledila dobijeni su prvi rezultati koji rasvetljavaju pojavu ovog oboljenja na uskladištenim plodovima jabuke na teritoriji Vojvodine (Vukotić, 2024). Tokom 2017. godine, u prvoj godini istraživanja *Neofabrea* spp. izolovana iz uskladištenih plodova je imala prosečnu zastupljenost 38,3%, dok je u drugoj i gotovo udvostručen broj izolata. Najniža zastupljenost *Neofabrea* spp. zabeležena je u hladnjačama sa sopstvenom proizvodnjom i čuvanjem plodova, gde su pravovremeno realizovani programi zaštite voćaka i plodova u vegetaciji i sa savremenim načinom čuvanja plodova nakon berbe (Vukotić et al., 2022).

Simptomi oboljenja na stablu, granama i grančicama

N. alba je prema ranijim navodima opisana kao saprob sa slabim potencijalom prouzrokovanja šteta u zasadi- ma jabuke. Takođe, smatrano je da *N. alba* nije u mogućnosti da zarazi zdravo tkivo i da isključivo kolonizuje površinsko tkivo drveta i obrazuje manje rak- rane (Slika 1). U slučaju obrazovanja rak-rana na sta- blu nema sporulacije, te da do infekcije ploda jabuke dolazi putem micelije koja se saprotrofno razvija na mrtvom tkivu grana i izdanaka. Osim pojave na grana- ma i izdancima, dolazi do epifitnog razvoja na licu i naličju lista (Tan & Burchill, 1972). Novija istraživa- nja navode mogućnost pojave sporulacije, kao i pojavu rak-rana na rodnim i nerodnim grančicama i mrtvom tkivu stabla. *N. alba* je usled šteta prouzrokovanih u vegetaciji registrovana kao ozbiljno oboljenje u za- sadima jabuke, kruške i masline, a zabeležena je i ma- sovna pojava na jasenu (Romero et al., 2018; Carneiro et al., 2022). Značajan razvoj rak-rana na veštački inokulisanim grančicama jabuke i kruške zabeležen je pri niskim temperaturama tokom zimskog perioda, dok je potpuno zaustavljanje razvoja uočeno u avgustu (Slika 1) (Vukotić, 2024). Pored toga uočena je i poja- va acervula crne boje ispod površinskog tkiva, unutar kojih su registrovane konidije.



Slika 1. Simptomi rak rana na grančicama jabuke uzrokovanih vrstom *N. alba*

Figure 1. Symptoms of canker on apple twigs caused by the species *N. alba*

N. malicorticis/N. perennans – razvoj antraknoz- nih rak-rana (*N. malicorticis*) počinje u toku jeseni. Prvi simptomi se javljaju kao sitne, kružne pege, cr- venkastobraon do crne nekrotične pege na glatkoj

površini kore koje širenjem poprimaju eliptični i udubljeni oblik. *N. perennans* na stablu izaziva više- godišnje rak-rane koje se, usled novih infekcija na obodu zaraženog tkiva, iz godine u godinu šire. Inficirano mesto biva okruženo izdignutim slojem kore, sa uzdužno končastim tkivom i jasno razdvojenim zdrav- im tkivom (Grove et al., 1992). Ispod pega se razvija vlažna trulež do kambijuma. Razvoj rak-rana se uspo- rava ili zaustavlja tokom zime, dok se pojačana aktiv- nost patogena nastavlja u proleće. Početkom leta rak- rana prestaje sa širenjem, a na ivicama zahvaćenog de- la kora se suši i puca. U letnjim mesecima na mestu rak-rana obrazuju se acervule. U drugoj godini nakon infekcije kore stabla, kora puca i ljušti se, nakon čega ostaju ožiljci i površinsko tkivo poprima paperjast izgled (Henriquez, 2003).

N. kienholzii – pojava ovog patogena uočena je na plodovima jabuke, dok opis prirodne pojave na drvetu nije zabeležen. Postoje opisi simptoma na veštački ino- kulisanim granama jabuke (sorte Crveni delišes i Fu- dži), koji se podudaraju sa prethodnim opisima simp- toma koje prouzrokuju *N. malicorticis* i *N. perennans*. *N. kienholzii* je slabije agresivnosti u odnosu na *N. pe- rennans*, sa slabijim obrazovanjem rak-rana (Aguilar et al., 2019).

Simptomi oboljenja na plodu

Različite vrste roda *Neofabraea* na plodovima jabuke izazivaju veoma slične simptome truleži, što onemogu- čava njihovo vizuelno razlikovanje. U uslovima kon- stantne vlažnosti, infekcije se ostvaruju kroz lenticеле, dok je širenje spora moguće uz prisustvo vode. Lezije na plodu koje prouzrokuju *Neofabraea* spp. u početku su sitne, kružne, svetlomeke boje (Slika 2), brzo se šire i mogu uništiti čitav plod. Pege su uglavnom blago ulegnute, zonirane, sa svetlijim, ili, u nekim slučajev- ima, tamnim centrom. Acervule koje se formiraju na starijim pegama su vlažne, beličastokrem boje, često prstenasto raspoređene unutar pege. Nekrotirani deo tkiva unutar pege je čvrst i retko dolazi do pucanja i odvajanja od zdravog tkiva. *N. malicorticis* prouzroku- je jače zonirane lezije od *N. alba*. U retkim slučajevima simptomi truleži koje prouzrokuje *N. malicorticis* primećeni su pre berbe na plodovima kasnih sorti ja- buke (Snowdon, 1990). Uočena je razlika između vrsta u odnosu na vreme potrebno za razvoj simptoma. *N. alba* u odnosu na *N. malicorticis* izaziva simptome kas-

nije u hladnjači. Takođe, *N. kienholzii* prouzrokuje slične simptome kao vrste *N. alba*, *N. perennans* i *N. malicorticis* (Bompeix, 1978).



Slika 2. *Neofabraea* spp. – trulež tipa „bikovo oko” na plodu jabuke tokom skladištenja

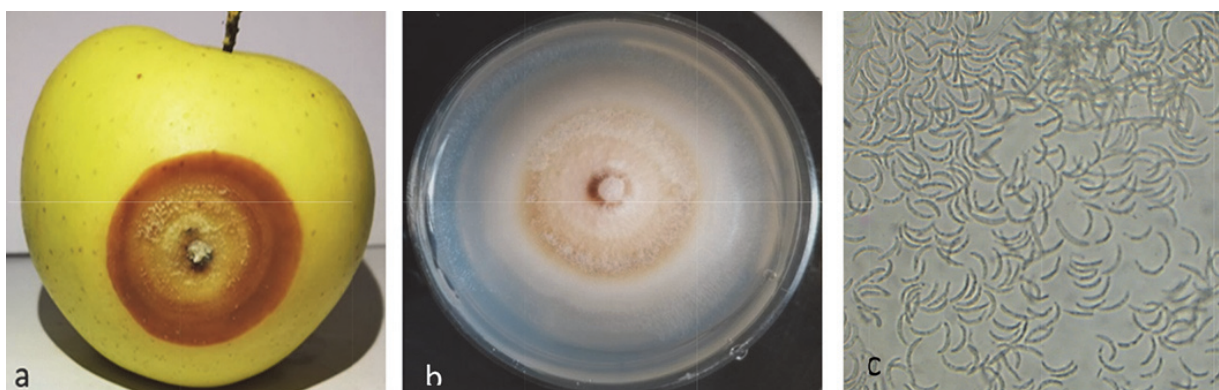
Figure 2. *Neofabraea* spp. – Bull's eye rot on apple fruit in storage

Ciklus razvoja patogena

Vrste roda *Neofabraea* prezimljavaju u obliku micelije i reproduktivnih struktura u rak-ranama na granama, na plodovima, u opalom lišću, na rodnim grančicama i na mestima orezivanja (Grove et al., 1992). U polnom stadijumu patogen formira apotecije

dve godine nakon infekcije na mestu prethodno obrazovanih acervula (Slika 3). Nakon jesenjih kiša dolazi do oslobađanja askospora koje se raznose vetrom na udaljenost do nekoliko kilometara (Tan & Burchill, 1972). Prema dostupnoj literaturi, pojava apotecija vrste *N. alba* zabeležena je samo u Engleskoj, dok je u slučaju *N. perennans* i *N. malicorticis* pojava u prirodi česta (Guthrie, 1959). U letnjim mesecima sa pojavom viših temperatura dolazi do formiranja acervula, dok je za pojavu konidija potrebna veća relativna vlažnost vazduha, praćena kišom. Konidije se oslobađaju u vidu želatinoznog matriksa i u kapljicama vode dospevaju do ploda. Period potreban za formiranje konidija unutar rak-rana na veštački inokulisanim stablima je oko 5–6 meseci (Naqvi, 2004). Mada patogen kolonizira mesta koja su oštetile krvave vaši, one nemaju ulogu u epidemiologiji patogena i ne raznose konidije.

Plod je podložan infekcijama tokom vegetacije, od opadanja kruničnih listića do berbe, a njegova osetljivost se povećava u drugom delu vegetacije. Patogen prodire uglavnom kroz lenticele ploda, ali može prodreti i kroz povrede nastale na plodu. Prodor je, takođe, moguć kroz cvetnu dršku i čašicu cveta. Infekcija ploda može se ostvariti na početku vegetacije, dok se simptomi razvijaju nakon četiri meseca u skladištu, u retkim slučajevima i ranije (Henriquez, 2003).



Slika 3. *Neofabraea* spp. – pojava acervula na plodu jabuke (a); izgled kolonije na krompir-dekstroznoj podlozi (b); makrokonidije patogena (c)
Figure 3. *Neofabraea* spp. – appearance of acervuli on apple fruit (a); colony of *Neofabraea* spp. on potato-dextrose medium (b); macroconidia of pathogen (c)

Mogućnosti suzbijanja *Neofabraea* spp. na plodu jabuke

U savremenom konceptu poljoprivredne proizvodnje pri izboru mera za prevenciju i suzbijanje prouzrokovala oboljenja neophodno je uvažiti načelo održivosti. Sve veći zahtevi za proizvodnju bezbedne hrane bez ostataka pesticida, kao i za očuvanje životne sredine, pokrenuli su novi trend u suzbijanju patogena. Sa ciljem smanjenja upotrebe sintetičkih fungicida, kao i zbog nemogućnosti njihovog korišćenja nakon berbe, zaštita plodova iziskuje pronalaženje alternativnih rešenja. Poslednjih godina intenzivno se radi na unapređenju različitih bioloških metoda suzbijanja, zasnovanih na upotrebi mikroorganizama i različitih supstanci prirodnog, najčešće biljnog porekla, kao i na primeni fizičkih mera koji obuhvataju tretmane toplim vazduhom i vodom, zračenja i slično (Vukotić, 2024).

Za sprečavanje oboljenja prouzrokovanih vrstama *Neofabraea* spp. primenjuje se više različitih mera koje obuhvataju agrotehničke, hemijske, fizičke i biološke mere, kao i stvaranje otpornih sorti. Prva mera suzbijanja oboljenja počinje u zasadu jabuke sa uklanjanjem obolelih grana i stabala u cilju smanjenja količine inokuluma. Druga mera koja je najčešće praktikovana je primena hemijskih preparata u zasadu (Grove, 1990).

Najranija istraživanja vezana za hemijsko suzbijanje vrsta roda *Neofabraea* obuhvatala su preparate koji prema današnjim saznanjima imaju negativan uticaj i u velikom broju zemalja nisu preporučeno sredstvo zaštite, a prvi rezultati ispitivanja efikasnosti fungicida u zasadu voćaka odnose se na rana prskanja ciramom, kaptanom, dihlonom, manebom i fenil-živa-hloridom (Kienholz et al., 1956; Chollet & Sprague, 1958; Edney et al., 1961). Sedamdesetih godina prošlog veka fungicidi iz grupe benzimidazola (benomil i tiabendazol) uspešno su suzbijali prouzrokovace roda *Neofabraea* (Burchill & Edney, 1972). Takođe, benomil je, zajedno sa tiabendazolom, ispoljio efikasnost potapanjem plodova jabuke nakon berbe (Bompeix, 1978), ali je uklonjen sa liste dozvoljenih supstanci u Evropskoj uniji (Aneks 1, Direktiva 91/414/EEC) i izbačen je iz upotrebe u zaštiti voćaka (EU Pesticide Database). Prema pojedinim autorima, triazoli i imidazoli nisu dovoljno efikasni u suzbijanju *N. alba*, za razliku od anilinopirimida, fenilpirola i strobilurina, koji su ispoljili zadovoljavajući efekat (Bom-

peix & Cholodowski, 2000). Efikasan je bio i tiofanatmetil, ali zbog ostataka i limitirane upotrebe u vegetaciji nije preporučljiv za upotrebu (Palm, 2009). Osim njega, primenu su našli i mešavina piraklostrobina i boskalida, sa slabijim efektom sprečavanja bolesti „bikovo oko” (Cameldi et al., 2016). Prema novijim istraživanjima, tiabendazol se smatra najefikasnijim, nakon čega sledi pirimetanil, dok fludioksonil ispoljava slabiju efikasnost i najbolje ga je koristi u kombinaciji sa tiabendazolom. *Neofabraea* vrste pripadaju grupi srednjeg rizika za razvoj rezistentnosti na fungicide, te je stoga potrebno kombinovati i smenjivati fungicide iz različitih FRAC grupa (Amiri, 2020).

Biološko suzbijanje podrazumeva korišćenje antagonističkih mikroorganizama i njihovih metabolita, supstanci biljnog porekla, kao i drugih prirodnih jedinjenja koja povećavaju otpornost biljaka na patogene. Do danas je identifikovano preko 3000 etarskih ulja, od kojih se oko 300 koristi u praksi za različite namene. Pored primene u humanoj medicini, etarska ulja su važan izvor biološki aktivnih jedinjenja u poljoprivredi, gde pokazuju antibakterijska, insekticidna, fungicidna, nematocidna i herbicidna svojstva (Turek & Stintzing, 2013). Pored etarskih ulja i biljnih ekstrakata, istraživanja ukazuju na efikasnost drugih bioloških agensa u suzbijanju bolesti koje izazivaju vrste roda *Neofabraea*. Leibinger et al. (1997) su proučavali primenu mikroorganizama za tretiranje zasada pre berbe i njihovu sposobnost sprečavanja razvoja oboljenja. Ispitivan je uticaj *Aureobasidium pullulans* i mešavine *Bacillus subtilis* i *Aureobasidium pullulans* na razvoj *Neofabraea* spp. (Leibinger et al., 1997; Vanwalleghem et al., 2016). Drugi mikroorganizmi (*Cryptococcus laurentii*, *C. infirmo-minutus* i *Rhodotorula glutinis*), kao i njihovo zajedničko delovanje, inhibirali su razvoj oboljenja na plodovima kruške (Chand-Goyal & Spotts, 1996; Mitrović et al., 2022). *N. alba* se zbog svog usporenog razvoja uspešno suzbija biološkim agensom *Trichoderma* spp. (Ríos Zamorano & Díaz, 2021). Nedavna istraživanja ukazuju i na potencijal biološki stabilnih jedinjenja, poput alkilrezorcinola prisutnih u žitima, u suzbijanju *Neofabraea* spp. (Ciccoritti et al., 2015). Osim toga, propolis se pokazao kao efikasan u inhibiciji porasta micelije *N. alba* (Urrea-Ancanao, 2019). Uprkos mnogobrojnim istraživanjima efekata, potrebno je naglasiti da biološki preparati za suzbijanje vrsta roda *Neofabraea* nisu registrovani, kako u svetu tako ni u našoj zemlji.

Zaključak

Fitopatogene gljive roda *Neofabrea* predstavljaju jedan od najvažnijih činilaca koji ograničavaju proizvodnju jabuke, a u našoj zemlji je prisustvo vrste *N. alba* tek nedavno detektovano. Na pokožici zaraženog ploda javljaju se kružne, ravne do ugnute lezije, sa karakterističnim svetlosmeđim koncentričnim krugovima okruženim tamnijim zonama, a u okviru lezije vremenom se razvija beličasta micelija sa masom svetložutih konidija. *N. alba* je usled šteta prouzrokovanih u vegetaciji registrovana kao ozbiljno oboljenje u zasadima jabuke, kruške i masline, a zabeležena je i masovna pojava na jasenu. Za sprečavanje oboljenja prouzrokovanih vrstama *Neofabrea* spp. primenjuje se više različitih mera koje obuhvataju agrotehničke, hemijske, fizičke i biološke mere, kao i stvaranje otpornih sorti. Kako bi se smanjila pojava truleži ploda jabuke, neophodno je kombinovanje više mera zaštite. Preventivne mere zaštite jabuke prvenstveno podrazumevaju uklanjanje zaraženih biljnih delova kako bi se redukovao inokulum. Ipak, osnovni način suzbijanja je primena fungicida, koja sa sobom nosi određene rizike, kao što su zagađenje životne sredine, rezidue u prehrambenim proizvodima koje mogu biti opasne po zdravlje i pojava rezistentnih sojeva patogena. Da bi se ovi izazovi prevazišli, poslednjih godina intenzivno se radi na iznalaženju efikasnih bioloških preparata za suzbijanje *N. alba* na jabuci.

Zahvalnica

Ovaj rad rezultat je projekata evidencioni broj 451-03-66/2024-03/200117 i 451-03-66/2024-03/200214 koje finansira Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

Literatura

- Aguilar C.G., Mazzola M., Xiao C.L. (2019): Timing of perennial canker development in apple trees caused by *Neofabrea perennans* and *Neofabrea kienholzii*. *Plant Disease*, 103(3): 555–562.
- Amiri A. (2020): Bull's eye rot. Originally published by Washington State Tree Fruit Extension at treefruit.wsu.edu.
- Bompeix G. (1978): Some physiological aspects of the host-parasite relationships during conservation of pome fruits. *Queiques aspects physiologiques des relations hôte-parasite durant la conservation des pommes*. *Fruits*, 33(1): 22–26.
- Bompeix G., Cholodowski Faivre D. (2000): Apple. Alternative control against storage diseases. Heat therapy and natural products, an emergent technology. *Arboriculture Fruitière* (France).
- Børve J., Stensvand A. (2013): Incidence of *Colletotrichum acutatum* on apple fruits and possible sources of inoculum, IOBC-WPRS, 91: 385–388.
- Burchill R.T., Edney K.L. (1972): An assessment of some new treatments for the control of rotting of stored apples. *Annals of Applied Biology*, 72: 249–255.
- Cameldi I., Neri F., Ventrucci D., Ceredi G., Muzzi E., Mari M. (2016): Influence of harvest date on bull's eye rot of 'Cripps Pink' apple and control chemical strategies. *Plant Disease*, 100(11): 2287–2293.
- Cao D., Li X., Cao J., Wang W. (2013): PCR detection of the three *Neofabrea* pathogenic species responsible for apple bull's eye rot.
- Carneiro G.A., Walcher M., Storti A., Baric S. (2022): Phylogenetic diversity and phenotypic characterization of *Phlyctema vagabunda* (syn. *Neofabrea alba*) and *Neofabrea kienholzii* causing postharvest bull's eye rot of apple in northern Italy. *Plant Disease*, 106: 451–463.
- Chand-Goyal T., Spotts R.A. (1996): Control of postharvest pear diseases using natural saprophytic yeast colonists and their combination with a low dosage of thiabendazole. *Postharvest Biology and Technology*, 7(1–2): 51–64.
- Chollet C.C., Sprague R. (1958): Control of bull's eye rot of apple in North Central Washington. *Plant Disease Reporter*, 42: 499.
- Ciccoritti R., Pasquini M., Sgrulletta D., Nocente F. (2015): Effect of 5-n-alkylresorcinol extracts from durum wheat whole grain on the growth of *Fusarium* head blight (FHB) causal agents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(1): 43–50.
- Den Breeyen A., Rochefort J., Meitz-Hopkins J.C., Russouw A., Lennox C.L. (2019): Preharvest detection and postharvest incidence of *Neofabrea vagabunda* on 'Cripps Pink' apples in South Africa. *Plant Disease*, 104(3): 841–846.
- Dudaš T., Vukotić J., Loc M., Petreš M., Budakov D., Grahovac M., Stojšin V. (2022): *Podosphaera leucotricha* (Ellis et Everhart) Salmon – Prouzrokovac pepelnice jabuke. *Biljni lekar*, 50(6): 438–445.
- Edney K.L., Austin W.G.L., Corke A.T.K., Harner P.S. (1961): Effect of winter spraying on rotting of stored apples by *Gloeosporium* spp. *Plant Pathology*, 10: 10–13.
- Everett K.R., Hasna L., Pushparajah I.P.S., Middleditch C., Ramos L., Vergara M.J., Woolf A.B. (2019): Semi-commercial hot water treatments to control apple bull's eye rot (*Neofabrea alba*). In: V International Symposium on Postharvest Pathology: From Consumer to Laboratory-Sustainable Approaches to Managing Postharvest, 1325: 273–278.
- FAOSTAT (2022): Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Grahovac M., Indić D., Vuković S., Hrustić J., Gvozdenac S., Mihajlović M., Tanović B. (2012): Morphological and ecological features: possible differentiation criteria for *Colletotrichum* species. *Zemdirbyste*, 99(2): 189–196.

- Grahovac M., Balaž J., Tanović B., Hrustić J., Mihajlović M., Maširević S. (2014): Effect of cold storage on antifungal activity of different strains of *Bacillus subtilis* against apple bitter rot pathogens. Book of Abstracts VII Congress on Plant Protection, pp. 165–166.
- Grove G.G. (1990): Anthracnose and perennial canker. In: Compendium of apple and pear diseases, Jones A.L. and Aldwinckle H.S. (eds.), The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, pp 36–38.
- Grove G.G., Dugan F.M., Boal R.J. (1992): Perennial canker of apple: Seasonal host susceptibility, spore production, and perennation of *Cryptosporiopsis perennans* in infected fruit in eastern Washington. Plant Disease, 76: 1109–1114.
- Guthrie E.J. (1959): The occurrence of *Pezicula alba* sp. nov. and *P. malicorticis*, the perfect. states of *Gloeosporium album* and *G. perennans*, in England. Trans. Brit. Mycol. Soc., 42(4): 502–506.
- Heald F.D. (1920): Apple anthracnose or black spot canker. Wash. Agr. Exp. Sta. Bull., 64: 4p.
- Henriquez J.L. (2003): Studies on the Etiology and Epidemiology of Bull's Eye rot of Pears. PhD Thesis.
- Keserović Z., Magazin N., Injac M., Totis F., Milić B., Dorić M., Petrović J. (2014): Integralna proizvodnja jabuke, drugo prošireno izdanje. Društvo voćara Vojvodine i Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Kienholz J.R. (1956): Control of bull's eye rot on apple and pear fruits. Plant Disease Reporter, 40(10): 872–877.
- Kirk P., Cannon P., Stalpers J., Minter D. (2008): Dictionary of the fungi, 10th edn. CAB International, Wallingford.
- Krsmanović S., Grahovac M., Medić J., Stojšin V., Petreš M. (2018): Struktura populacije prouzrokača truleži uskladištenih plodova jabuke. Biljni lekar, 46(5): 563–569.
- Landfald R. (1983): Kjølslagersopp i norske epler. [Lenticell rotting in Norwegian apples]. Meld. Norg. Landbr. Høgsk., 62(19): 8. (In Norwegian).
- Leibinger W., Breuker B., Hahn M., Mendgen K. (1997): Control of postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganisms in the field. Phytopathology, 87(11): 1103–1110.
- Maxin P. (2012): Improving apple quality by hot water treatments. PhD Thesis. Aarhus University, Department of Food Science.
- Medić J., Grahovac M., Stojšin V., Petreš M., Hrustić J., Mihajlović M., Budakov D., Bagi F., Tanović B. (2019). *In vitro* effect of essential oils on *Neofabraea alba*. in Book of Abstracts of 6. International Conference Sustainable Postharvest and Food Technologies INOPTeP and National Conference Processing and Energy in Agriculture PTEP Novi Sad: National Society of Processing and Energy in Agriculture, pp. 111–112.
- Michalecka M., Bryk H., Poniatowska A., Puławska J. (2016): Identification of *Neofabraea* species causing bull's eye rot of apple in Poland and their direct detection in apple fruit using multiplex PCR. Plant Pathology, 65(4): 63–654.
- Mitrović I., Grahovac J., Hrustić J., Jokić A., Dodić J., Mihajlović M., Grahovac M. (2022): Utilization of waste glycerol for the production of biocontrol agents nigericin and niphimycin by *Streptomyces hygroscopicus*: bioprocess development. Environmental Technology, 43(19): 3000–3013.
- Naqvi S. (2004): Diseases of Fruits and Vegetables Volume I: Diagnosis and Management. Springer Dordrecht, Dordrecht.
- Nunes C.A. (2012): Biological control of postharvest diseases of fruit. European Journal of Plant Pathology, 133: 181–196.
- Palm G. (2009): Untersuchungen zur Bekämpfung des Obstbaumkrebses (*Nectria galligena*, Bres.). Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes, 64: 180–185.
- Petreš M., Grahovac M., Obradović A., Stanković S., Hrustić J., Buljovčić M., Mihajlović M. (2018): *Fusarium avenaceum* and *Fusarium graminearum* – capacity for mycotoxin production in rotten apple fruits. Book of Abstracts of IV International Congress on “Food Technology, Quality and Safety” (Foodtech), pp. 161–162.
- Petreš M., Loc, M., Grahovac, J., Hrustić J., Mihajlović M., Mitrović, I., Grahovac M., (2019): Effects of biological agents on *Fusarium avenaceum*, the causal agent of apple fruit rot. Book of abstracts VIII Congress on Plant Protection, pp. 105–106.
- Petreš M., Kalajdžić J., Milić B., Magazin N., Stankov A., Vukotić J., Grahovac M. (2020): Effect of hot water treatments on apple fruit rot caused by *Fusarium* spp. Journal of Plant Diseases and Protection, 127: 651–655.
- Ríos Zamorano B.B., Díaz G.A. (2021): Evaluación *in vitro* de la capacidad biocontroladora de aislados de *Trichoderma* spp. sobre *Neofabraea vagabunda* causante de la enfermedad “ojo de buey” en manzana (*Malus × domestica*) cv. Cripp’s pink. Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile), Escuela de Agronomía.
- Romero J., Raya M.C., Roca L.F., Moral J., Trapero A. (2016): First report of *Neofabraea vagabunda* causing branch cankers on olives in Spain. Plant Disease, 100(2): 527–527.
- Romero J., Raya M.C., Roca L.F., Agustí-Brisach C., Moral J., Trapero A. (2018): Phenotypic, molecular and pathogenic characterization of *Phlyctema vagabunda*, causal agent of olive leprosy. Plant Pathology, 67(2): 277–294.
- Sanhueza R.M.V. (2015): *Neofabraea brasiliensis* Sanhueza and Bogo, sp. nov. Persoonia, 35: 264–327.
- Sever Z., Ivić D., Kos T., Miličević T. (2012): Identification of *Fusarium* species isolated from stored apple fruit in Croatia. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 63(4): 463–470.
- Sholberg P.L., Haag P.D. (1996): Incidence of postharvest pathogens of stored apples in British Columbia. Canadian Journal of Plant Pathology, 18: 81–85.
- Snowdon A.L. (1990): Pome fruits. In: A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1: General Introduction and Fruits. Wolfe Scientific Ltd, London, pp. 170–218.
- Tan A.M., Burchill R.T. (1972): The infection and perennation of the bitter rot fungus, *Gloeosporium album*, on apple leaves. Annals of Applied Biology, 70: 199–206.
- Turek C., Stintzing F.C. (2013): Stability of essential oils: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(1): 40–53.
- Urrea-Ancanao I.E. (2019): Antifungal activity of propolis extracts against Chilean *Neofabraea vagabunda* (Desm.) PR Johnst isolates. Agronomy MDPI, 13(1): 104.

- Vanwallegem T., Dekeyser D., Nuyttens D., Tsige A., Verboven P., Van Hemelrijck W., Bylemans D. (2016): Influence of additives on the efficiency of biological control organisms against storage diseases. In *Ecofruit: Proceedings of the 17th International Conference on Organic Fruit-Growing*, 17: 180–183.
- Vico I., Duduk N., Vasić M., Zebeljan A., Radivojević D. (2016): Bull's eye rot of apple fruit caused by *Neofabraea alba*. *Acta Horticulture*, 1139: 733–738.
- Vukotić J. (2024): Identifikacija i suzbijanje *Neofabraea* spp., proizrokovaca truleži ploda jabuke. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Vukotić J., Stojšin V., Nagl N., Petreš M., Hrustić J., Grahovac M., Tanović B. (2022): Morphological, molecular, and pathogenic characterization of *Neofabraea alba*, a postharvest pathogen of apple in Serbia. *Agronomy*, 12(9): 2015.
- Wenneker M. (2019): Fungal pathogens in pome fruit orchards and causal agents of postharvest decay. PhD Thesis. Wageningen University.

BULL'S EYE ROT – A DISEASE OF STORED APPLE FRUIT

**Jelena Vukotić¹, Vera Stojšin¹, Mila Grahovac¹, Mladen Petreš¹, Dragana Budakov¹,
Milica Mihajlović², Jovana Hrustić², Brankica Pešić²**

¹University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Republic of Serbia
E-mail: jelena.medic@polj.edu.rs

²Institute of Pesticide and Environmental Protection, Banatska 31b, 11000 Belgrade, Republic of Serbia

Abstract

Phytopathogenic fungi from the *Neofabraea* genus are one of the major causal agents of the postharvest decay of apple fruit as well as tree canker. In 2016, a disease caused by *Neofabraea alba* was detected for the first time in Serbia. Although the infection usually occurs during the growing season, the symptoms of rot appear several months later, during the storage period. The infected fruits develop necrosis and show the morphological characteristics of *N. alba*. The appearance of rot affects the quality of the fruit, with the intensity of the rot depending on the type of cold storage and the

cultivars. The control of this disease in apple orchards is based on the use of fungicides. The use of synthetic fungicides is highly effective, but their use has led to problems such as environmental pollution, development of resistance and residual toxicity. Therefore, other bull's eye rot control strategies, such as application of biopesticides, have to be developed.

Key words: *Malus domestica*, *Neofabraea* spp., post-harvest pathogens, fruit rot