

Mikoze kao uzročnici biotskog stresa u proizvodnji suncokreta

Sažetak

Osjetljivost suncokreta na biotski stres uvelike određuje vrijednosti agronomskih svojstava. Uzročnici biotskog stresa mogu biti različiti, a u svijetu pa tako i u Hrvatskoj se po svome utjecaju izdvajaju bolesti. Usljed pojave različitih biljnih bolesti, u pojedinim godinama prinosi zrna i ulja suncokreta mogu biti reducirani i preko 50%. Najčešći uzročnici bolesti suncokreta su gljive, a prema stupnju štete koje prave ističu se *Sclerotinia sclerotiorum*, *Diaporthe/Phomopsis helianthi* i *Plasmopara halstedii* te u nešto manjoj mjeri *Alternaria helianthi*, *Phoma macdonaldii*, *Puccinia helianthi*, *Verticillium spp.*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina* i *Erysiphe cichoracearum*. Kreiranje otpornih/tolerantnih linija iz divljih formi suncokreta, a zatim transfer poželjnih gena u komercijalne linije i hibride je najčešći oblik povećanja otpornosti/tolerantnosti linija i hibrida suncokreta na biotski stres. U ovom postupku značajnu ulogu ima primjena molekularnih markera. Pored toga važan je stalni monitoring, ali i pravovremena primjena agrotehničkih, kemijskih i bioloških mjera.

Glavne riječi: suncokret, stres, bolesti, linije, hibridi

Uvod

Suncokret (*Helianthus annuus* L.) je, uz palmu, soju i uljanu repicu, četvrta uljarica u svijetu i u 2018. godini je sijan na oko 26,7 milijuna ha sa prosječnim prinosom zrna od 1,95 t ha⁻¹, od čega u zemljama Europske Unije oko 15%, ali sa nešto višim prinosom zrna (2,48 t ha⁻¹). U istoj godini, u Republici Hrvatskoj suncokret se uzgajao na 37128 ha sa prinosom zrna 2,98 t ha⁻¹ (FAOSTAT database, 2020.). Općenito je udio suncokreta u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj mali (2,5%), a proizvodnju karakteriziraju variranja kako u pogledu površina tako i u pogledu prinosa zrna sa blagim trendom porasta površina, ali i prinosa. Što se tiče namjene, suncokretovo ulje se, za razliku od ostalih biljnih ulja, primarno koristi za prehranu ljudi (90%), a preostali dio za biodizel i industrijsku preradu (Jocić i sur., 2015.).

Za uspješnu proizvodnju bilo koje ratarske kulture, pa tako i suncokreta, od iznimne je važnosti da djelovanje čimbenika okoline bude što bliže optimalnom, što se nažalost rijetko događa. U pravilu, postoji otklon od optimalnih vrijednosti, a upravo od veličine tog otklona, između ostalog, ovisi uspjeh proizvodnje. Ukoliko se radi o drastičnijem i ekstremnijem otklonu govorimo o stresu. Stres općenito kod biljaka, u širem smislu, podrazumijeva bilo kakve uvjete okoline ili prisutnost tvari koje utječu ili blokiraju metabolizam te rast odnosno razvoj organizma (Lichtenhaler, 1996.). Prema fiziološkom aspektu, preživljavanje ili oporavak biljke je glavno svojstvo koje se podrazumijeva kada se govori o tolerantnosti na stres, dok agronomski aspekt podrazumijeva ostvaren prinos u stresnim uzgojnim uvjetima (Špoljarević, 2016). U osnovi se stres dijeli na onaj izazvan abiotičkim činiteljima (temperatura, vlaga, insolacija, različite toksične tvari) i biotski koji podrazumijeva prisustvo drugih organizama, najčešće patogenih mikroorganizama, ali i štetnika, ptica i slično.

¹ dr. sc. Anto Mijić, dr. sc. Tomislav Duvnjak, dr. sc. Ivica Liović, dr. sc. Aleksandra Sudarić, dr. sc. Antonela Markulj Kulundžić, prof. dr. sc. Zvonimir Zdunić, Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, Hrvatska

² dr. sc. Boško Dedić, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21101, Novi Sad, Srbija
Autor za korespondenciju: anto.mijic@poljin.os.hr

Cilj ovog rada je, koristeći relevantnu literaturu, napraviti pregled osnovnih značajki mikoza kao uzročnika biotskog stresa u proizvodnji suncokreta.

Osjetljivost suncokreta na bolesti

Kao i u većini proizvodnih područja pod suncokretom, pa tako i u Hrvatskoj, bolesti predstavljaju jedan od najvažnijih razloga variranja u površinama i prinosima zrna i ulja. Bolesti predstavljaju limitirajući faktor u proizvodnji suncokreta na svim kontinentima (Miklić i sur., 2008). Suncokret napada 30-40 parazita koji mogu uzrokovati bolesti, ali srećom samo ih se desetaksmatra ekonomski značajnim (Jurković i Ćosić, 2004.).

Poznato je kako je suncokret kultura koja u uvjetima intenzivnijih oborina pokazuje povećanu osjetljivost na pojavu bolesti. Ukoliko je to praćeno i nižim temperaturama ta osjetljivost je još naglašenija. Ovo se u konačnici očituje smanjenjem prinosa zrna i ulja te lošijom kakvoćom zrna. U agroekološkim uvjetima Hrvatske to se primarno odnosi na pojavu bijele truleži (uzročnik *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary), sive pjegavosti stabljike (uzročnik *Diaporthe phomopsis helianthi* (Munt-Cvet et al.) i plamenjače (uzročnik *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. Et de Toni), a u manjoj mjeri: smeđe-crne koncentrične pjegavosti (uzročnik *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tub and Nish), crne pjegavosti stabljike (uzročnik *Phoma macdonaldii* Boerema), hrđe suncokreta (uzročnik *Puccinia helianthi* Schw.), verticilijskog venjenja suncokreta (uzročnici *Verticillium dahliae* Kleb i *Verticillium albo-atrum* Reinke), sive plijesni suncokreta (uzročnik *Botrytis cinerea* Pers. Fr.), suhe truleži stabljike (uzročnik *Macrophomina phaseolina* (Tassi) i pepelnice (uzročnik *Erysiphe cichoracearum* D.C. ex Meret).

Bijela trulež suncokreta [uzročnik *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary] je izraziti polifag sa čak 408 biljnih vrsta kao potencijalnih domaćina (Bolland i Hall, 1994). Od kultiviranih biljaka pored suncokreta napada i soju, uljanu repicu, lucernu, duhan, povrtne kulture (rajčicu, krastavac i dr.), cvijeće (tulipane, ljiljane i dr.). Korovi *Abutilon theophrasti* Medic i *Ambrosia artemisiifolia* L. mogu biti alternativni domaćini ovom parazitu i služiti kao izvor inokuluma i potencijalne zaraze (Vrandečić i sur., 2003, 2007).

S. sclerotiorum je jedan od najdestruktivnijih patogena suncokreta. Štete koje ovaj uzročnik nanosi su u rasponu od nekoliko postotaka do preko 70% i više, ovisno o uvjetima za razvoj parazita (optimalno je hladno i vlažno vrijeme), tipu bolesti, postotku zaraženih biljaka, ali i tolerantnosti hibrida. U prilog ovome idu i istraživanja Paricsi i sur. (2008) koji ukazuju da, pored razlika između hibrida, veliki značaj na intenzitet zaraze glave suncokreta imaju vrijednosti temperatura i oborina u cvatnji. Pored prinosa, bolest na glavi suncokreta umanjuje sadržaj ulja u zrnu, broj zrna u glavi i masu 1000 zrna. Općenito su uvjeti koji pogoduju razvoju ovog patogena isti oni koji pogoduju i povećanju prinosa.

Postoje 4 tipa bolesti: truljenje sjemena i propadanje mladih biljčica, korijenski tip i venjenje biljaka, truljenje srednjeg dijela stabljike i truljenje glave (Jurković i Ćosić, 2004.).

Dugogodišnji intenzivan oplemenjivački rad na pronalaženju izvora otpornosti na ovog patogena do sada nije dao očekivani rezultat. Naime, malo je genetskih izvori otpornosti u kultiviranim i divljim formama koje bi jamčile izostanak simptoma bolesti. Jedan od razloga je i u činjenici da je otpornost na ovog patogena poligene prirode. Naime, simptomi ove bolesti mogu se javiti na gotovo svim dijelovima biljke u različitim dijelovima vegetacije, a kontroliraju ih različiti geni. Tome u prilog idu i opsežna istraživanja Dozeta i sur. (1995., cit. Marinković i sur., 2003) koji, primjenjujući test sa micelijima dolaze do zaključka da niti jedna od testiranih divljih vrsta ne pokazuje otpornost, a izvjestan stupanj tolerantnosti na ovog uzročnika pronađen je u populaciji 230 F (*H. mollis*) i populaciji 2234 (*H. maximiliani*). Vasić i sur. (2002) su testirajući 4 populacije (*H. mollis*, *H. maximiliani*, *H. rigidus* i *H. tuberosus*) umjetnom infekcijom kroz dvogodišnje istraživanje došli do zaključka da je populacija *H. mollis* pokazala otpornost na infekciju

glave i stabljike. Ovdje treba imati u vidu, a to se odnosi na pronalaženje otpornosti i za druge bolesti, pojavu inkompatibilnosti divljih vrsta i kulturnog suncokreta, što znatno otežava prenošenje poželjnih gena iz divljih vrsta u kultivirani suncokret. Rješenje ovog problema je u primjeni različitih biotehnoloških metoda, u prvom redu kulture embrija. Od klasičnih oplemenjivačkih metoda najčešće se primjenjuju: pedigree metoda, metoda povratnih križanja i bulk metoda. Problem u identificiranju poželjnih genotipova predstavlja i nizak stupanj korelacije između umjetne i prirodne infekcije, odnosno genotipovi koji su u uvjetima umjetne infekcije postigli visok stupanj tolerantnosti istu nisu potvrdili i u poljskim uvjetima.

Stoga će se spori, ali stalni napredak u radu na otpornosti suncokreta nastaviti. Neophodno će biti kombinirati znanje o QTL nasljeđivanju, genima za otpornost te tehnika za unos gena iz divljih formi kako bi došlo do napretka u oplemenjivanju (Vear i Grezes-Besset, 2010).

Transgene modifikacije, uključujući detoksikaciju čimbenika patogenosti oksalne kiseline, aktivaciju endogenih obrambenih putova i inhibiciju rasta *S. sclerotiorum* anti-gljivičnim proteinima su također jedan od puteva u borbi protiv ovog uzročnika (Lu, 2003).

Isto tako, ne manje važne mjere su: izbor hibrida, sjetva zdravog, deklariranog sjemena tretiranog fungicidima i plodored. Ukoliko se radilo o manjim zarazama, plodored bi trebao iznositi 3 godine, a kod jačih zaraza i do 8 godina. Smanjenje koncentracije sklerocija u tlu može se postići i primjenom mikoparazita poput *Coniothyrium minitans*, naročito pri uzastopnom uzgoju osjetljivih usjeva (Gerlagh i sur., 1999). S obzirom da korovi mogu biti alternativni domaćini ovom parazitu te izvor inokuluma, pored uništavanja samoniklih biljaka suncokreta i soje iznimno je važno i uništavanje korova.

Siva pjegavost stabljike suncokreta, „rak stabljike“ (uzročnik *Diaporthe/Phomopsis helianthi* Munt.-Cvet i sur.) je prvi puta uočena na prostorima bivše Jugoslavije i Rumunjske tijekom 1981. godine (Mihaljčević i sur., 1982) te se ubrzo proširila u svim uzgojnim područjima suncokreta u svijetu (Degener i sur., 1999). U narednih 5 godina, bolest je poprimila obilježja prave epifitocije tako da su se površine pod suncokretom znatno smanjile. Kreiranjem tolerantnih hibrida na ovog uzročnika površine su se ponovno povećavale, a taj trend je nastavljen do danas. Ipak, prema istraživanjima Harveson i sur. (2016) gubici prinosa, usljed pojave ove bolesti, viši od 40% zabilježeni su u Europi, Južnoj Americi i Sjevernoj Americi, a bolest se pojavila i u Aziji i Australiji.

Prvi simptomi se javljaju na vrhovima ili rubovima donjih listova, obično pred kraj cvatnje u obliku velikih nekrotičnih pjega, koje mogu biti okružene klorotičnom zonom. Uz glavnu lisnu žilu i peteljku bolest se širi na stabljiku. Na spoju peteljke i stabljike javljaju se pjege svjetlo-smeđe boje koje zatim potamne, povećavaju se, a zatim i spajaju. Kolonizacija stabljike je praktično završena prije pojave prvih simptoma. Bolest se može javiti i na glavama suncokreta, ali rijetko.

Škorić (1985) iznosi podatke da se odmah nakon pojave ove bolesti u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad (Srbija) istraživalo oko 5000 različitih linija, a otpornost na ovog uzročnika utvrđena je samo kod 4 linije koje su, nakon prevođenja u cms i rf formu poslužile za kreiranje prvih hibrida sa poljskom tolerantnošću na ovog parazita u svijetu.

I pored toga što se kao izvori otpornosti spominju mnoge divlje vrste, najbolji izvor gena za otpornost na ovog uzročnika je *H. tuberosus*. Istraživanja su pokazala da u nekim slučajevima ne postoji jača korelacijska veza između otpornosti linija i njihovih F1 križanaca, odnosno da se križanjem dva osjetljiva roditelja dobio otporan F1 hibrid, ali i obrnuto. Kao i kod drugih bolesti, oplemenjivački centri su razvili vlastite pristupe i metode unošenja gena otpornosti na *Phomopsis* (Duvnjak i sur., 2008; Škorić, 2012).

Učinkovita borba protiv ovog patogena će najvjerojatnije ovisiti o kontinuiranom razvoju genetske otpornosti, zajedno sa unaprjeđenjem ostalih mjera integrirane biljne zaštite, kao

što su bolje preporuke za korištenje fungicida (učinkovitost, vrijeme i način primjene) te bolje razumijevanje interakcije biljka-patogen, kao i preporuke o plodoredu (Mathew i sur., 2018). Značajni napori u istraživanjima uzročnika ove bolesti rezultirali su otkrićem novih vrsta iz roda *Diaporthe* (Mathew i sur., 2018; Gomzhina i Gannibal, 2020). Isto tako, korovi kao alternativni domaćini fitopatogene gljive *Diaporthe/Phomopsis* mogu igrati izuzetno važnu ulogu kao potencijalni izvor inokuluma za kultivirane biljne vrste (Roy i sur., 1997; Mengistu i Reddy, 2005; Vrandečić i sur., 2006, 2008.) te je stoga pored uništavanja samoniklih biljaka suncokreta i soje iznimno važno i uništavanje korova.

Plamenjača suncokreta [uzročnik *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. Et de Toni] je bolest koja u Hrvatskoj pričinjava nešto manje štete, ali je pojava zaraženih biljaka kontinuirana, iz godine u godinu. Proljeća sa više oborina dovode do intenzivnijih zaraza (Škorić, 2012.). Najveće štete pričinjava sistemična zaraza biljke koja se manifestira u retardaciji rasta (zaražene biljke su visine 40-60 cm), zadebljanoj stabljici i biljkama koje ne daju sjeme ili je ono šturo.

Kao i kod većine bolesti za čiju kontrolu postoji i koristi postojanje vertikalne otpornosti domaćina, problem predstavlja brza izmjena virulentnosti patogena što znatno otežava rad oplemenjivača (Miklić i sur., 2008), ali i veliki broj fizioloških rasa koje su sposobne zaraziti različite genotipove suncokreta (Sakr, 2009). Obzirom kako ova oomiceta neprestano i značajno mijenja svoju virulentnost, što je najvjerojatnije uzrokovano pojavom novih gena za otpornost u novostvorenim hibridima, potrebno je kontinuirano pratiti i prikupljati informacije o promjenama rasa *P. halstedii* u različitim krajevima svijeta (Viranyi i sur., 2015).

Genetska otpornost svakako je jedan od osnovnih pristupa u razvoju otpornosti prema plamenjači (Jan i sur., 2004; Saftić Panković i sur., 2006.). Osnovu rada predstavlja kreiranje otpornih linija iz divljih formi suncokreta, a zatim transfer poželjnih gena u komercijalne linije i hibride. Od jednogodišnjih populacija divljeg suncokreta kao najbolji izvor pokazale su se *Helianthus argophyllus* i *Helianthus petiolaris*. Postoje i višegodišnje forme koje pokazuju iznimnu otpornost na ovog parazita, ali se u daljnjim križanjima javljaju problemi koji i inače prate interspecijes hibridizaciju. U novije vrijeme se ti problemi pokušavaju premostiti primjenom biotehnoških metoda u oplemenjivanju (prije svih MAS, marker assisted selection). One su samo pomoćne metode, a osnovu oplemenjivačkog procesa i dalje čine metode klasičnog oplemenjivanja (naglasak je na pedigree metodi) te različite izvedbe divergentnog i konvergentnog križanja. Treba naglasiti da se otpornost suncokreta na *P. halstedii* može klasificirati u dvije kategorije, kvalitativnu uvjetovanu major *Pl* genima i koja ima tendenciju stvaranja zdravih biljaka (Tourvieille de Labrouhe, 2000) i kvantitativnu, kontroliranu minor genima koja utječe na nivo razvoja bolesti (Tourvieille de Labrouhe i sur., 2008).

Pored značajne uloge oplemenjivanja u kontroliranju ove bolesti, ne treba zanemariti ni agrotehničke i kemijske mjere. Agrotehničke mjere uključuju: pravilan plodored koji podrazumijeva da suncokret na isto polje ne dolazi 4-5 godina, odabir polja udaljenog barem 500 m od polja na kojem je suncokret uzgajan prošle godine, duboko oranje i sjetva u optimalno vrijeme (Jocić i sur., 2010, 2012). Sjetvu treba obaviti zdravim, deklariranim sjemenom, tretiranim fungicidima. Uništavanje samoniklih biljaka suncokreta, kao i korova, u prvom redu *Xanthium strumarium* L., *Ambrosia artemisifolia* L., *Abutilon theophrasti* Medic., koji predstavljaju potencijalni izvor ove bolesti, također su ne manje važan segment u borbi.

Smeđe-crna koncentrična pjegavost suncokreta [(uzročnik *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tub and Nish)] najveće štete čini u humidnim područjima centralne Europe, Indije, Australije, Južne Amerike i dijelovima Afrike. U ovim područjima, gubici prinosa mogu se kretati od 15 do 90%, a gubici u prinosu ulja od 20 do 30% (Jurković i Čosić, 2004). Patogen se uglavnom nalazi na površini sjemena, a u manjoj mjeri u kotiledonima i embriju (Prasad i sur., 2010) i može u značajnoj mjeri utjecati na kakvoću sjemena i njegovu klijavost (Hiremath i sur., 1990). Uska

genetska varijabilnost suncokreta za otpornost na *A. helianthi* predstavlja limitirajući činitelj u razvoju otpornih genotipova (Sujatha i Prabakaran, 2006). Budući da se radi o bolesti koja se prenosi sjemenom treba naglašeno voditi računa o skladištenju, transportu i trgovini sjemenom.

U agroekološkim uvjetima Hrvatske **crna pjegavost stabljike** (uzročnik *Phoma macdonaldii* Boerema) uglavnom ne pričinjava značajnije štete, no u pojedinim dijelovima svijeta one se mogu kretati između 10 i 30% (Velásquez i Formento, 2003). Simptomi bolesti u obliku crnih nekrotičnih pjega i lezija mogu se pojaviti u svim fenofazama i na svim organima (Dedić, 2012), a zaraza usjeva rezultira preuranjenim sazrijevanjem, manjim glavama i šturim sjemenom (Bordat i sur., 2017). Obzirom kako se o molekularnim svojstvima ovog patogena relativno malo zna, u novije se vrijeme provode globalne proteomske analize koje daju detaljniji uvid u razvoj i patogenezu ovog uzročnika (Huiying i sur., 2020). Do sada u kulturnom suncokretu nije utvrđen niti jedan genotip koji bi u potpunosti bio otporan na ovog parazita. Zaoravanje žetvenih ostataka pokazalo se kao vrlo učinkovita mjera (Seassau i sur., 2010). Stoga bi kombinacija otpornih hibrida i zaoravanje ostataka oboljelih biljaka mogao biti najučinkovitiji način suzbijanja ove bolesti (Yan i sur., 2020).

Štete od **hrđe suncokreta** (uzročnik *Puccinia helianthi* Schw.) na europskim poljima uglavnom su manje, ali je na ostalim kontinentima itekako zastupljena te predmet istraživanja mnogih znanstvenika (Tan, 2010; Rahmanpour, 2010; Jing i sur., 2015; Friskop i sur., 2015). Gljiva *Puccinia helianthi* se odlikuje brojnošću rasa pa su Friskop i sur. (2015), na području Sjeverne Amerike i Kanade, determinirali 29 rasa. U borbi protiv ovog uzročnika, u odsutnosti povoljnih ekonomskih i okolišno prihvatljivih kemijskih tretmana, naglašeno je važan monitoring novih rasa i razvoj otporne germplazme (Jing i sur., 2015). Sam postupak oplemenjivanja olakšava činjenica što se radi o monogenom dominantnom nasljeđivanju pa je u križanjima potrebno imati samo jednog otpornog roditelja.

Simptomi koji se javljaju u fazi cvjetanja, a manifestiraju se gubitkom turgora od donjeg dijela stabljike prema vrhu i konačno venućem biljke vezuju se uz pojavu gljive *V. dahliae* Kleb koja i pričinjava najviše štete. Pored nje štetu čine i gljive *V. albo-atrum* R. et B. i *V. lateritium* Bertk. (Škorić, 2012). Bolest se naziva **verticilijsko venjenje suncokreta**. Riječ je o traheomikozama koje onemogućavaju prolaz vode i hranjivih tvari i mogu predstavljati ozbiljnu prijetnju prinosu i kakvoći sjemena. S obzirom da kemijske i agronomске mjere nisu dovoljno učinkovite, neophodno je bolje poznavanje molekularnih mehanizama i genetske osnove ovog patogena kako bi se ubrzao proces oplemenjivanja, a u konačnici i stvaranje otpornijih genotipova (Guo i sur., 2017).

Siva plijesan suncokreta (uzročnik *Botrytis cinerea* Pers.) se u Hrvatskoj javlja povremeno, intenzivnije u godinama sa većom količinom oborina, pogotovu u drugom dijelu vegetacije. U ostalom dijelu Europe, bolest je posebno izražena u sjevernijim dijelovima, prije svega zbog vlažnije i hladnije klime (Kanyion i Friedt, 1993), uzrokujući štete od 30 do 40% (Kufner, 1987). Ova gljiva, uz gljive iz drugih rodova formira tipičan kompleks gljiva rizoplane i rizosphere (Kostyuchenko i Lyakh, 2018). Autori navode kako pred kraj vegetacije, u fazi zriobe, upravo predstavnici roda *Botrytis* (uz rod *Alternaria* i *Gliocladium*) predstavljaju potencijalne patogene suncokreta.

Suha trulež suncokreta [uzročnik *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid] je bolest suhog i toplog klimata, a uzrokuje prijevremeno sušenje biljaka. U Hrvatskoj se, u jačem intenzitetu, javlja samo povremeno i na ograničenim površinama. Unatoč tome što nema fizioloških rasa, visoka genetska varijabilnost čini ju izrazitim polifagom te se javlja na preko 500 kultiviranih i korovnih vrsta. Postoji povezanost tolerantnosti na ovu bolest i tolerantnosti na *Phomopsis* i sušu (Škorić, 1988) kao i sa svojstvom „stay green“ (Škorić, 1992). Jedna od učinkovitih mje-

ra suzbijanja ove bolesti je tretman sjemena sa antagonistima *Trichoderma viride*, *Rhizobiom meliloti* i *Bacillus subtilis* (Anis i sur., 2010), dok je uspješnost primjene plodoreda, zbog polifaznosti limitirana (Ijaz i sur., 2013).

U većini regija uzgoja suncokreta javlja se i **pepelnica suncokreta** [uzročnik *Erysiphe cichoracearum* (syn. *Golovinomyces cichoracearum* D.C.)], ali veće štete čini uglavnom u uvjetima tople i suhe klime. U Hrvatskoj pepelnicu nalazimo za vrućih i suhих mjeseci uglavnom na rubnim dijelovima parcela (Jurković i Čosić, 2004). Postoje najmanje tri roda gljiva koje uzrokuju ovu bolest (*E. cichoracearum* - najčešći oblik, *Leveillula taurica* i *Sphaerotheca fuliginea*). Točno determiniranje uzročnika klasičnim metodama zahtjeva dosta rada, predznanja i iskustva (Grote i sur., 2002), a činjenica kako mnoge gljive koje uzrokuju ovu bolest proizvode seksualne spore ili imaju neseksualni stadij na kraju sezone uzgoja dodatno komplicira taksonomiju ovih patogena (Kashimoto i sur., 2003). Stoga se u cilju točne determinacije primjenjuju metode sekvencioniranja nukleotida u ITS regijama rDNA i PCR korištenjem specifičnih početnica za pojedinu vrstu (Shi i Mmbaga, 2006).

Zaključak

U uspješnoj proizvodnji suncokreta biotski stres je često limitirajući čimbenik. Uzročnici biotskog stresa mogu biti različiti, a po svome utjecaju izdvajaju se bolesti. U agroekološkim uvjetima Hrvatske dominantni uzročnici su gljive: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Diaporthe/Phomopsis helianthi* i *Plasmopara halstedii*, a u manjoj mjeri: *Alternaria helianthi*, *Phoma macdonaldii*, *Puccinia helianthi*, *Verticillium spp.*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina* i *Erysiphe cichoracearum*. Osim gljiva, bolesti izazivaju i bakterije, virusi te mikoplazme. Kreiranje otpornih/tolerantnih linija iz divljih formi suncokreta, a zatim transfer poželjnih gena u komercijalne linije i hibride je najčešći oblik povećanja otpornosti/tolerantnosti linija i hibrida suncokreta na biotski stres. U ovom postupku značajnu ulogu ima primjena molekularnih markera. Pored toga, važan je stalan monitoring, ali i pravovremena primjena agrotehničkih, kemijskih i bioloških mjera.

Literatura

- Anis, M., Abbasi, M.W., Zaki, M.J. (2010) Bioefficiency of microbial antagonists against *Macrophomina phaseolina* on sunflower. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (4), 2935-2940.
- Bolland, G.J., Hall, R. (1994) Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 16, 93-108. DOI: 10.1080/07060669409500766
- Bordat, A., Marchand, G., Langlade, N.B., Pouilly, N., Muñoz, S., Dechamp-Guillaume, G., Patrick Vincourt, P., Bret-Mestries, E. (2017) Different genetic architectures underlie crop responses to the same pathogen: the (*Helianthus annuus* * *Phoma macdonaldii*) interaction case for black stem disease and premature ripening. *BMC Plant Biology*. 17 (1), 167. DOI: 10.1186/s12870-017-1116-1
- Debaeke, P., Pérès, A. (2003) Influence of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop management on *Phoma* black stem (*Phoma macdonaldii* Boerema). *Crop Protection*, 22, 741-752. DOI: 10.1016/S0261-2194(03)00037-1
- Dedić, B. (2012) Testing sunflower inbred lines for tolerance to *Phoma* black stem. *Pesticides and Phytomedicine*, 27 (4), 299-303. DOI: 10.2298/PIF1204299D
- Degener, J., Alibert, G., Lesinge, P., Tourvielle de Labrouhe, D., Sarrif, A. (1999) Inheritance of resistance to stem canker (*Phomopsis helianthi*) in sunflower. *Plant Pathology*, 48, 559-563.
- Duvnjak, T., Mijić, A., Liović, I., Vratarić, M., Sudarić, A., Krizmanić, M., Vrandečić, K., Čosić, J. (2008) Estimation of sunflower breeding material tolerance to *Diaporthe/Phomopsis helianthi*. In: Velasco, L. ed. *Proceedings of the 17th International Sunflower Conference Cordoba, Spain, June 8-12, 2008*, Consejería de Agricultura y Pesca, Paris: International Sunflower Association. 143-147.
- FAOSTAT Database (2020) <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>
- Friskop, A. J., Gulya, T. J., Harveson, R. M., Humann, R. M., Acevedo, M., Markell, S. G. (2015) Phenotypic diversity of *Puccinia helianthi* (sunflower rust) in the United States from 2011 and 2012. *Plant Disease*, 99, 1604-1609. DOI: 10.1094/PDIS-11-14-1127-RE
- Gerlagh, M., Goossen-van de Geijn, H. M., Fokkema, N. J., Vereijken, P. F. (1999) Long-term biosanitation by application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum* - infected plants. *Phytopathology*, 89, 141-147.
- Gomzhina, M., Gannibal, P. (2020) *Diaporthe* species infecting sunflower in Russia. *BIO Web of Conferences* 18. DOI: /10.1051/bioconf/20201800010.
- Grote, D., Olmos, A., Kofoet, A., Tuset, J. J., Bertolini, E., Cambra, M. (2002) Specific and sensitive detection of *Phytophthora nicotianae* by simple and nested-PCR. *European Journal of Plant Pathology*, 108, 197-207. DOI: 10.1023/A:1015139410793
- Guo, S., Zuo, Y., Zhang, Y., Guo, S., Zuo, Y., Zhang, Y., Wu, C., Su, W., Jin, W., Yu, H., An, Y., Li, Q. (2017) Large-scale transcriptome

- comparison of sunfl wer genes responsive to *Verticillium dahliae*. *BMC Genomics*, 18, 42. DOI: 10.1186/s12864-016-3386-7
- Harveson, R. M., Markell, S. G., Block, C. C., Gulya, T. J. (2016) Compendium of Sunfl wer Diseases, 1st Ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Hiremth, P.C., Kulkarni, M.S., Lokesh, M.S. (1990) An epiphytotic of *Alternaria* blight of sunfl wer in Karnataka. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 3 (3-4), 277-278.
- Huang Xu, T. (1996) Heredity and breeding of resistance to sclerotiniose in sunfl wer. *Disease Tolerance in Sunfl wer*. ISA, Beijing, China, 44-49.
- Huiying, S., Nat N.V.K., Yue, L., Lin, S., Weimin, C. (2020) Proteome of the fungus *Phoma macdonaldii*, the causal agent of black stem of sunfl wer. *Journal of Proteomics*, 225. DOI: 10.1016/j.jpro.2020.103878
- Ijaz, S., Sadaqat, H.A., Khan, M.N. (2013) A review of the impact of charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) on sunfl wer. *The Journal of Agricultural Science*, 151 (2), 222-227. DOI: 10.1017/S0021859612000512
- Jan, C. C., Tan, A, Gulya, T. (2004) Registration of four downy mildew resistance sunfl wer germplasms. *Crop Science*, 44, 1887. DOI: 10.2135/cropsci2004.1887
- Jing, L., Xu, X., Jing, J., Li, L., Navi, S.S. (2015) Determination of physiological races and evaluation of sunflower for resistance to *Puccinia helianthi* Schw. *Journal of Phytopathology*, 163, 507-512. DOI: 10.1111/jph.12296
- Jocić, S., Cvejić, S., Hladni, N., Miladinović, D., Miklič, V. (2010) Development of sunfl wer genotypes resistant to downy mildew. *Helia*, 33 (53), 173-180. DOI: 10.2298/HEL1053173J
- Jocić, S., Miladinović, D., Imerovski, I., Dimitrijević, A., Cvejić, S., Nagl, N., Kondić Špika A. (2012) Towards sustainable downy mildew resistance in sunfl wer. *Helia*, 35 (56), 61-72. DOI: 10.2298/HEL1256061J
- Jocić, S., Miladinović, D., Kaya, Y. (2015) Breeding and genetics of sunfl wer In: Martínez-Force, E., Dunford, N. T., Salas J.J. (ed.). *Sunfl wer: Chemistry, Production, Processing and Utilization*. AOCS Press, Urbana, Illinois, 1-27.
- Jurković, D., Čosić, J. (2004) Bolesti suncokreta. U: Vratarić, M. (ur.). *Suncokret (Helianthus annuus L.)*. Osijek: Poljoprivredni institut Osijek, 283-328.
- Kanyion, P., Friedt, W. (1993) Differential reaction of sunfl wer genotypes to infection by *Botrytis cinerea* Pers. *Helia*, 16 (19), 77-84.
- Kashimoto, K., Matsuda, Y., Kakutani, K., Sameshima, T., Kakutani, K., Nonomura, T., Okada, K., Kusakari, S., Nakata, K., Takamatsu, S., Toyoda, H. (2003) Morphological and molecular characterization for a Japanese isolate of tomato powdery mildew *Oidium neolycopersici* and its host range. *Journal of General Plant Pathology*, 69, 176-185. DOI: 10.1007/s10327-002-0034-7
- Kostyuchenko, N.I., Lyakh, V.A. (2018) Diversity of fungi in rhizosphere, rhizosphere and edaphosphere of sunfl wer at different stages of its development. *Helia*, 41 (68), 117-127. DOI: 10.1515/helia-2018-0001
- Kufner, E.G. (1987) The most important diseases of sunfl wer and possibilities for their control. In: *Agricultural News No. 4*, BASF Ludwigshafen, Germany.
- Lichtenhaler, H.K. (1996) Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *Journal of Plant Physiology*, 148 (1-2), 4-14. DOI: 10.1016/S0176-1617(96)80287-2
- Lu, G. (2003) Engineering *Sclerotinia sclerotiorum* resistance in oilseed crops. *African Journal of Biotechnology*, 2 (12), 509-516. DOI: 10.5897/AJB2003.000-1101
- Marinković R., Dozet B., Vasić D. (2003) Oplemenjivanje suncokreta. Monografi Novi Sad: Školska knjiga.
- Mathew, F.M., Olson, T.R., Marek, L.F., Gulya, T.J., Markell, S.G. (2018) Identification of sunfl wer (*Helianthus annuus*) accessions resistant to *Diaporthe helianthi* and *Diaporthe gulyae*. *Plant Health Progress*, 19, 97-102. DOI: 10.1094/PHP-10-17-0060-RS
- Mengistu, A., Reddy, N. (2005) Detection of *Phomopsis longicolla* T. W. Hobbs and its pathogenicity on *Glycine max* (L.) Merr. and Weed Hosts. *Seed Technology*, 27, 97-100.
- Mihaljčević, M., Mutanola-Cvetković, M., Petrov, M. (1982) Further studies on the sunfl wer disease caused by *Diaporthe* (*Phomopsis*) *helianthi* and possibilities of breeding for resistance. In: *Proceedings of the 10th International Sunfl wer Conference*. Surfers Paradise, Australia, 14-18 March 1982. Paris: International Sunfl wer Association, 157-159.
- Miklič, V., Hladni, N., Jocić, S., Marinković, R., Atlagić, J., Saftić-Panković, D., Miladinović, D., Dušanić, N., Gvozdenović, S. (2008) Oplemenjivanje suncokreta u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. U: Miladinović, D. ur.. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 45, 31-63.
- Paricsi, S., Tar, M., Nagyne-Kutni, R. (2008) Study of resistance to *Sclerotinia* head disease in sunfl wer genotype. In: *Proceedings of the 17th International Sunfl wer Conference Cordoba, Spain, June 8-12, 2008*, Consejería de Agricultura y Pesca. Paris: International Sunfl wer Association, 1, 211-214.
- Prasad, M.S.L., Sujatha, K., Rao, S.C. (2010) Seed transmission of *Alternaria helianthi*, incitant of leaf blight of sunfl wer. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 40 (1), 63-66.
- Rahmanpour, S. (2010) Identification of physiological races of sunfl wer rust and reaction of the genotypes to the disease in Iran. In: *Proceedings of the International Symposium "Sunfl wer Breeding on Resistance to Diseases"*. Krasnodar, Russia, June 23-24 2010. Paris: International Sunfl wer Association, 174-178.
- Roy, K.W., Ratnayake, S., McLean, K. (1997) Colonization of weeds by *Phomopsis longicolla*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 19, 193-196. DOI: 10.1080/07060669709500553
- Saftić-Panković, D., Veljović-Jovanović, S., Pucarević, M., Radovanović, N., Mijić, A. (2006) Phenolic compounds and peroxidases in sunfl wer near isogenic lines after downy mildew infection. *Helia*, 29 (45), 33-42.
- Sakr, N. (2009) Variation in aggressiveness of *Plasmopara halstedii* (sunfl wer down mildew). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116 (6), 27-251.
- Seassau, C., Debaeke, P., Mestries, E., Dechamp-Guillaume, G. (2010) Evaluation of inoculation methods to reproduce sunfl wer premature ripening caused by *Phoma macdonaldii*. *Plant Disease*, 94 (12), 1398-1404. DOI: 10.1094/PDIS-03-10-0180
- Shi, A., Mmbaga, M. T. (2006) Perpetuation of powdery mildew infection and identification of *Erysiphe australiana* as the grape myrtle pathogen in mid-Tennessee. *Plant Disease*, 90, 1098-1101. DOI: 10.1094/PD-90-1098
- Sujatha, M., Prabhakaran, A.J. (2006) Ploidy manipulation and introgression of resistance to *Alternaria helianthi* from hexaploid *Helianthus* species cultivated sunfl wer (*H. annuus L.*) aided by anther culture. *Euphytica*, 152, 201-215. DOI: 10.1007/s10681-006-9202-8
- Škorić D. (1985) Sunfl wer Breeding for resistance to *Diaporthe/Phomopsis helianthi* Munt.-Cvet. et al.. *Helia*, 8, 21-

24.

- Škorić, D. (1988) Sunfl wer breeding. Journal of edible Oil Industry. Belgrade, 1-90.
- Škorić, D. (1989) Dostignuća i dalji pravci u oplemenjivanju suncokreta. U: Milošević, S. ur.. Suncokret (monografi Beograd: Nolit, 285- 392.
- Škorić, D. (1992) Achievements and future directions of sunfl wer breeding. Field Crops Research, 30, 231-270.
- Škorić, D. (2012) Sunfl wer breeding. In: Škorić and Sakač (ed.). Sunfl wer genetics and breeding. International monography. Novi Sad: Serbian Academy of Science and Arts. Branch in Novi Sad. 165-325.
- Špoljarević, M. (2016) Fiziološki odgovor kultivara soje na abiotski stres. Doktorska disertacija. Osijek: Poljoprivredni fakultet Osijek.
- Tan, A.S. (2010) Identifi tion of rust (*Puccinia helianthi* Schw.) races in sunfl wer (*Helianthus annuus* L.) in Turkey. *Helia*, 33 (53), 181-190.
- Tourvieille de Labrohue D. (2000) Disease control concerns every body: the example of sunfl wer downy mildew. Proceedings of the 15th International Sunfl wer Conference, June 12-16, 2000, Toulouse, France. Paris: International Sunfl wer Association, PI C 1-8.
- Tourvieille de Labrohue D., Serre, F., Roche, S., Wasler, P., Vear, F. (2008) Quantitative resistance to downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in sunfl wer *Helianthus annuus*. *Euphytica*, 164, 433-444.
- Udayashankar, A., Chandra Nayaka, S., Archana, B., Anjana, G., Niranjana, S. R., Mortensen, C. N., Lund, O. S., H. S. Prakash, H. S. (2012) Specific PCR-based detection of *Alternaria helianthi*: the cause of blight and leaf spot in sunfl wer. *Archives of Microbiology*, 194, 923-932. DOI: 10.1007/s00203-012-0826-x
- Vasić, D., Taški, K., Terzić, S., Kevrešan, S., Škorić, D. (2002) Transferring of *Sclerotinia* resistance from wild into cultivated sunfl wer - combining of conventional and laboratory techniques. In: Proceedings for natural sciences. Novi Sad: Matica Srpska, 102, 29-33.
- Vear, F. (2004) Breeding for durable resistance to the main diseases of sunfl wer. In: Proceeding of 16 th International sunfl wer Conference. Fargo. USA. August 29 - 2 September 2004. Paris: International Sunfl wer Association. 1: 15-28.
- Vear, F., Grezes-Besset, B. (2010) Progress in breeding sunfl wers for resistance to *Sclerotinia*. In: Proceedings of the International Symposium "Sunfl wer Breeding on Resistance to Diseases". Krasnodar, Russia, June 23-24 2010. All-Russia Research Institute of Oil Crops by V. S. Pustovoit (VNIIMK) and The International Sunfl wer Association (ISA), 30-35.
- Velásquez, P.D., Formento, N., (2003) Efecto de la infección natural de *Phoma oler-aceavar*, *Helianthi-tuberosi* Sacc. sobre algunos caracteres agronómicos y el rendimiento de aceite de cuatro genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) con dos niveles de fertilización nitrogenada. *Agrisciencia*, 20, 29-34.
- Viranyi, F., Gulya, T.J., Labrouhe de Tourvieille de Labrouhe, D. (2015) Recent changes in the pathogenic variability of *Plasmopara halstedii* (Sunfl wer Downy Mildew) populations from different continents. *Helia*, 38 (63), 149-162.
- Vrandečić, K., Čosić, J., Jurković, D., Duvnjak, T. (2003) Weeds as an inoculum source of *Sclerotinia sclerotiorum*. In: Maček, J. ed. Proceeding of 6th Slovenian Conference on Plant Protection, Zreče, Slovenia, March 4-6 2003. 101-106.
- Vrandečić, K., Jurković, D., Čosić, J. (2006) Effect of *Diaporthe/Phomopsis* species isolated from soybean and *Abutilon theophrasti* on soybean seed germination. *Journal of Phytopathology*, 154, 725-728. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01183.x>
- Vrandečić, K., Duvnjak, T., Jurković, D., Mijić, A. (2007) Reaction of sunfl wer stems to inoculation with *Sclerotinia sclerotiorum* isolated from sunfl wer and *Abutilon theophrasti*. *Cereal Research Communications*, 35(2), 1317-1320.
- Vrandečić, K., Jurković, D., Čosić, J., Riccioni, L., Duvnjak, T. (2008) Morphological and molecular identification of *Diaporthe helianthi* from *Xanthium italicum*. In: Velasco, L. ed. Proceedings of the 17th International Sunfl wer Conference Cordoba, Spain, June 8-12, 2008, *Consejería de Agricultura y Pesca*. Paris: International Sunfl wer Association, 121-124.
- Yan, N., Na, R., Jia, R., Zhang, J., Zhao, J. (2020) Occurrence of black stem on *Helianthus annuus* caused by *Phoma macdonaldii* and resistant evaluation of different sunfl wer varieties. *Oilseeds & fats Crops and Lipids*. 27, 12. DOI: 10.1051/ocl/2020014

Prispjelo/Received: 12.11.2020.

Prihvaćeno/Accepted: 26.11.2020.

Review paper

Mycoses as causes of biotic stress in sunflower production

Abstract

*The sensitivity of sunflower to biotic stress largely determines the values of its agronomic traits. In Croatia, as well as in the world, the causes of biotic stress can be different so diseases regularly appear due to their influence. Sunflower grain and oil yield can be reduced over 50% in some seasons accordingly. The most common causes of sunflower disease are fungi. According to the extent of damage they cause - *Sclerotinia sclerotiorum*, *Diaporthe/Phomopsis helianthi* and *Plasmopara halstedii* belong to major causers, whereas infestation with *Alternaria helianthi*, *Phoma macdonaldii*, *Puccinia helianthi*, *Verticillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Macrophoma phaseolina* and *Erysiphe cichoracearum* keep a lower extent. Developing resistant/tolerant lines from wild forms of sunflower and then transferring desirable genes to commercial lines and hybrids are the most common form of increasing the resistance/tolerance of sunflower lines and hybrids to biotic stress. The use of molecular markers plays a significant role in this process. In addition, constant monitoring is of the utmost importance as well as timely application of agrotechnical, chemical and biological measures.*

Key words: sunflower, stress, diseases, lines, hybrids