

## VRSTE RODA *Alternaria* PATOGENI POVRTARSKIH I ZAČINSKIH BILJAKA IZ FAMILIJE APIACEAE

Vojislav Trkulja<sup>1</sup>, Mehira Perviz<sup>2</sup>, Petar Mitrović<sup>3</sup>, Mira Vojvodić<sup>4</sup>, Aleksandra Bulajić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>JU Poljoprivredni institut Republike Srpske, Banja Luka, BiH; <sup>2</sup>Poljoprivredni zavod, Bihać, BiH; <sup>3</sup>Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, R. Srbija; <sup>4</sup> Poljoprivredni fakultet, Zemun – Beograd, R. Srbija  
Email: bulajic\_aleksandra@yahoo.com

### Izvod

Vrste roda *Alternaria* spadaju među najvažnije biljne patogene koji se pojavljuju širom svijeta na mnogim biljkama domaćinima, uključujući i biljke iz familije Apiaceae. Među njima posebno su značajne povrtrarske biljke kao što su mrkva, peršun, celer, paštrnak i komorač, kao i brojne i često upotrebljavane začinske biljke, kao što su anis, kim, mirođija, korijander i druge. Ove biljke napadaju različite vrste fitopatogenih gljiva iz roda *Alternaria*, pri čemu je u ovom radu opisano devet vrsta. Međutim, još uvijek je nedovoljno informacija kako o ovim vrstama, tako i o brojnim interakcijama između njih i njihovih biljaka domaćina i faktora spoljne sredine. Ove informacije su neophodne kao osnova za preduzimanje adekvatnih mjera za njihovo suzbijanje i omogućavanje uspješnog i profitabilnog uzgoja ovih na tržištu izuzetno traženih i cijenjenih biljnih vrsta. Zbog toga su u ovom radu prikazane vrste roda *Alternaria* proukovači bolesti povrtrarskih i začinskih biljaka iz familije Apiaceae, pre svega *A. dauci*, *A. radicina*, *A. carotiincultae*, *A. petroselini*, *A. selini*, *A. smyrnii*, *A. alternata*, *A. longipes* i *A. burnsii*, te njihovi puni aktuelni nazivi i sinonimi, taksonomska pozicija, rasprostranjenost i simptomi koje prouzrokuju na biljkama domaćinima, kao i njihova biologija i način prenošenja i širenja, uz poseban naglasak na mjere za njihovo suzbijanje.

**Ključne riječi:** biljke iz familije Apiaceae, *Alternaria* spp., mjere suzbijanja

## UVOD

Štitonoše (fam. Apiaceae) su velika familija biljaka koju čine oko 200 rodova i preko 2900 vrsta koje rastu širom svijeta. Ovo je prva familija cvijetnica koja je uočena od strane botaničara krajem XVI vijeka i prva grupa biljaka koja je podvrgnuta klasifikaciji i sistematici. Familija Apiaceae prepoznaje se prvenstveno po povrću kao što su mrkva, peršun, celer, paštrnak, morač i drugo, kao i po brojnim i često upotrebljavanim začinskim biljkama kao što su anis, kim, mirođija, korijander i druge (Kramer, 2006).

Na gajenim i divljim biljkama iz familije Apiaceae može se razviti izuzetno veliki broj biljnih bolesti koje se mogu grupisati na više načina, a najkorisnijim se smatra grupisanje prema tipu patogena koji je njihov prouzrokovatelj. Prema Agrios (2005) najvažnije kategorije patogena su gljive, prokariote i virusi. U daljem tekstu biće prikazan pregled najvažnijih bolesti gajenih biljaka iz familije Apiaceae čiji su prouzrokovatelji fitopatogene gljive iz roda *Alternaria*.

Vrste roda *Alternaria* su vjerovatno najčešće gljive kojima se bave mikolozi u različitim naučnim i drugim oblastima. Zbog ogromnog broja sinonima nepoznate taksonomske ispravnosti, teško je sakupiti specifične podatke o broju vrsta koje pripadaju ovom rodu. Procjenjuje se da je broj vrsta od 100 do nekoliko stotina (Rotem, 1994). Kako su izrazito varijabilne i široko rasprostranjene, *Alternaria* spp. su opisivane pod različitim nazivima zbog čega je njihova taksonomija, klasifikacija, a samim tim i sistematika, veoma složena i u velikoj mjeri i danas nepotpuno riješena. Veliki broj vrsta roda *Alternaria* su saprobne ili se u okviru iste vrste mogu naći visoko specijalizovani i izrazito fitopatogeni, kao i manje agresivni patotipovi, koji posjeduju određeni patogeni potencijal i sposobnost da izazovu oboljenja oslabljenih domaćina (Nishimura *et* Kohmoto, 1983; Simmons, 1992; Pryor *et* Michailides, 2002; *loc. cit.* Bulajić, 2007). Fitopatogene vrste roda *Alternaria* mogu da izazovu štete na biljkama u polju ili propadanje proizvoda poslije žetve, propadanje sjemena i sijanaca ili nagomilavanje toksičnih metabolita u napadnutim biljnim organima, čime se smanjuje kvalitet dobijenog proizvoda. Kao razgrađivači organskih materija, *Alternaria* spp. su značajni patogeni usklađeni proizvoda i doprinose njihovom propadanju sa 20–40% (Rotem, 1994).

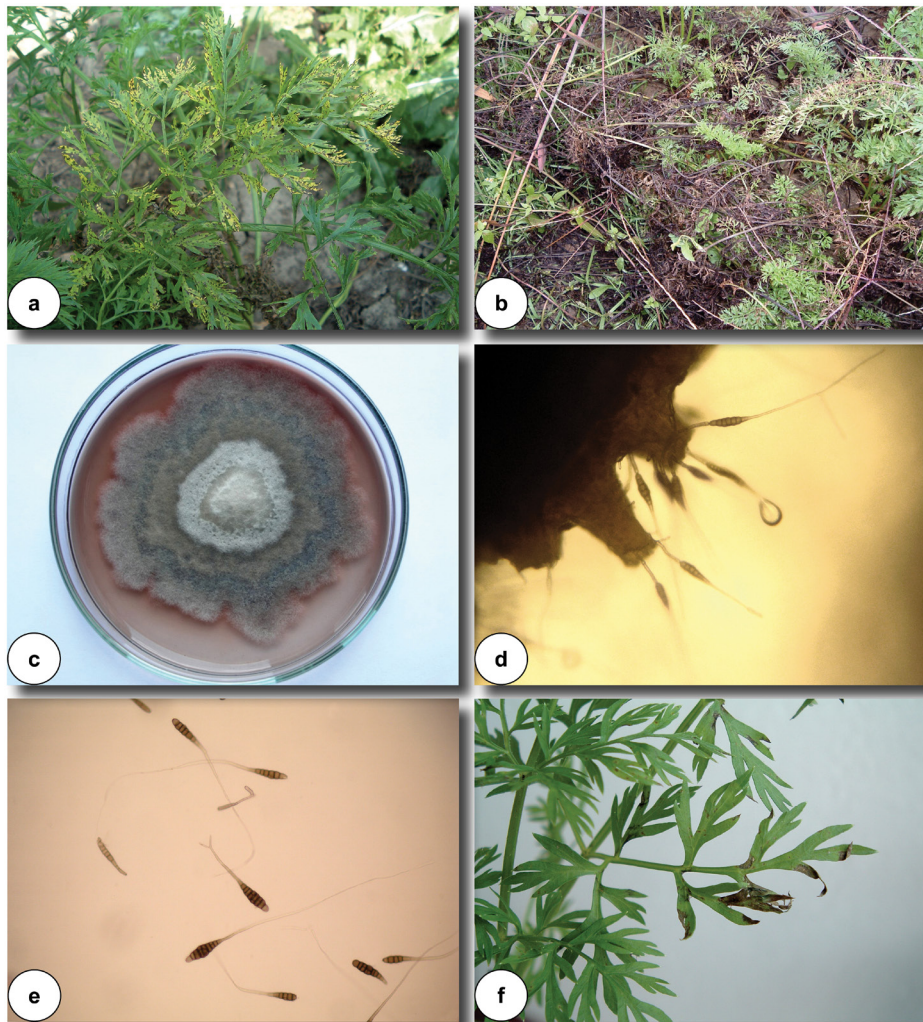
Sve ovo poslužilo nam je kao povod da u ovom radu prikazemo najznačajnije vrste roda *Alternaria*, prouzrokovatelj bolesti raznih povrtarskih i začinskih biljaka iz familije Apiaceae, te njihove pune aktuelne nazive i sinonime, taksonomsku poziciju, rasprostranjenost i simptome koje prouzrokuju na biljkama domaćinima, kao i njihovu biologiju i način prenošenja i širenja, uz poseban naglasak na mjere za njihovo suzbijanje.

## NAJZNAČAJNIJE VRSTE RODA *Alternaria* PATOGENI BILJAKA IZ FAMILIJE Apiaceae

Na mrkvi, peršunu, celeru i drugim biljkama iz familije Apiaceae opisano je više gljiva iz roda *Alternaria* koje prouzrokuju različite simptome kao što su: pjegavost lista, sušenje listova, nekroza lisnih peteljki i krune, crna trulež korijena i propadanje klijanaca (Pryor, 2002a,b; Farrar *et al.*, 2004; Bulajić i sar., 2005; Bulajić, 2007; Bulajić i Krstić, 2007; Perviz i sar., 2017). U nastavku teksta su navedene i opisane najznačajnije vrste roda *Alternaria* patogeni povrtarskih i začinskih biljaka iz familije Apiaceae.

### 1. *Alternaria dauci* (J.G. Kühn) J.W. Groves & Skolko – prouzročivač pjegavosti i sušenja lista mrkve

**Rasprostranjenost i ekonomski značaj.** Među prouzročivačima bolesti lista mrkve *A. dauci* (syn. *Sporidesmium exitiosum* var. *dauci* J.G. Kühn; *Macrosporium dauci* (J.G. Kühn) Rostr.; *M. carotae* Ellis & Langl.; *A. brassicae* var. *dauci* (J.G. Kühn) Lindau; *A. carotae* (Ellis & Langl.) J.A. Stev. & Wellman) je jedna od ekonomski najznačajnijih. Bolest koju prouzrokuje prvi put je opisana u Njemačkoj 1855. godine, kada je saopšteno da izaziva sporadične gubitke u nekoliko zemalja sjeverne Evrope. Danas je ovaj patogen proširen u sva područja gajenja mrkve u svijetu i postao je jedan od najdestruktivnijih (Farrar i sar., 2004). Po važnosti, *A. dauci*, kao prouzročivač sušenja lista mrkve, ima izuzetan ekonomski značaj i predstavlja vodeću bolest mrkve (Pryor *et* Strandberg, 2002). U nekim proizvodnim područjima navodi se da su pojedinih godina primijećeni usjevi sa defolijacijom više od 90%, a procijenjeno je da je to dovelo do smanjenja prinosa oko 80%. Neki autori procjenjuju da jake epidemije mogu da smanje prinos mrkve od 40–60% (Farrar *et al.*, 2004). Štete mogu biti dvojake, direktne i indirektne. Direktne su u vidu smanjenja prinosa, odnosno količine ubranih proizvoda. Usljed sušenja listova i njihovog višekratnog formiranja tokom vegetacije, formiraju se sitniji, zadebljali korijenovi. Drugi način na koji *A. dauci* dovodi do direktnog smanjenja prinosa je onemogućavanje mehaničkog ubiranja korijena. Usljed lošeg zdravstvenog stanja lista ili lisnih peteljki, mašine za mehaničko vađenje korijena ne mogu da obave ubiranje istovremeno za više redova. Prisustvo *A. dauci* kao i redovne a povremeno i destruktivne štete koje nanosi u proizvodnji mrkve, dokazane su kako u Srbiji tako i u Bosni i Hercegovini (Bulajić i Krstić, 2007; Perviz, neobjavljeno).



Tablo 1. *Alternaria dauci*. a) sitne nekrotične pjege na listu mrkve, prirodna zaraza; b) nekroza i sušenje starijih listova, prirodna zaraza; c) izgled kolonije stare sedam dana na PDA; d) krupne pojedinačne konidije na kratkim, nerazgranatim konidioforama; e) karakteristične feodiktiosporne konidije sa dugim ponegdje razgranatim kljunom; f) nekroza lista mrkve pet dana nakon vještačkih inokulacija (foto: *A. Bulajić*).

**Domaćini.** Eksperimentalno i posmatranjem u prirodi, ustanovljen krug domaćina *A. dauci* ograničen je na gajenu i divlju mrkvu. Ipak, postoje i podaci u literaturi da izaziva bolest na divljem paštraku i *Fumaria muralis*, kao i na celeru i peršunu. Ovakva saopštenja o infekcijama *A. dauci* na domaćinima koji nisu mrkva često su osporavana, jer obično nisu navedeni podaci o zadovoljenju Kohovih postulata (Farrar *et al.*, 2004; Bulajić, 2007).

**Simptomi.** Simptomi na zaraženim listovima uočavaju se u vidu brojnih sitnih nekrotičnih pjega, koje su često oivičene hlorotičnim oreolom (sl. 1a). Usljed velikog broja pjega, dolazi do njihovog spajanja i sušenja lista, koje počinje sa periferije (sl. 1f), nastavlja se zahvatajući čitave liske, koje se suše, izuzev najmlađeg lišća. Na lisnim drškama je česta i uočljiva crtičasta nekroza, koja se vremenom širi i dovodi do njihovog potpunog sušenja (sl. 1b). Razvoj bolesti ispoljava određenu dinamiku tokom vegetacije i najčešće ima tri maksimuma. Prvi maksimum dostiže oko 60 dana poslije sjetve, kada dolazi do skoro potpune zaraze lista. Nakon propadanja takvih listova, iz korijena se razvija novo lišće koje, poslije izvesnog vremena, biva zahvaćeno i tada bolest dostiže svoj drugi maksimum. Zaraženi list tada ponovo propada, nakon čega dolazi do razvoja novih, mladih listova. Novorazvijeni listovi, takođe, bivaju napadnuti i pri kraju vegetacije bolest dostiže svoj treći maksimum, koji onemogućava mehanizovano ubiranje korijena.

Patogen *A. dauci* je član sekcije *Porri* vrsta iz roda *Alternaria*, koju karakteriše da formiraju konidije tipa feodiktiospora, koje su tamnomaslinastosmede boje, sa krupnim tijelom i dugim, čvrsto uspravljenim do končastim kljunom koji se može račvati (sl. 1e). Konidije se formiraju pojedinačno na kratkim konidioforama (sl. 1d). Mada je kod nekih vrsta iz roda *Alternaria* poznat savršen stadijum, kod *A. dauci* nije poznato da se javlja polno razmnožavanje. Detekcija i pravilna identifikacija njenog prisustva može se obavljati primjenom konvencionalnih (sl. 1c), ali i savremenih molekularnih metoda detekcije (Konstantinova *et al.*, 2002; Pryor *et al.*, 2002).

**Ciklus razvoja i epidemiologija.** Gljive iz roda *Alternaria*, koje zaražavaju gajene štitoonoše, u prirodi se održavaju i prenose na dva osnovna načina - zaraženim sjemenom i biljnim ostacima u zemljištu (Rotem, 1994). Ovakav način održavanja, pored njihove izražene patogenosti, čini mjere borbe komplikovanim i zahtjeva njihovo kombinovanje, u cilju dobijanja zadovoljavajućeg prinosa.

Zaraza i prenošenje sjemenom zabilježeno je u mnogo slučajeva (Tylkowska, 1992). Ova vrsta se javlja u različitom nivou infestacije u pojedinačnim ili miješanim zarazama sa drugim *Alternaria* vrstama, patogenim za mrkvu. U više slučajeva je ustanovljen različit stepen zaraze sjemena mrkve sa *A. dauci*, kako u svijetu tako i kod nas, a svaka zaraza sjemena je značajna. U istraživanjima u Srbiji, u uzorcima sjemena mrkve prisutnom na tržištu ustanovljene su zaraze sa *A.*



*dauci* 0–21%, u pojedinačnim i miješanim zarazama sa *A. radicina* i *A. alternata* (Bulajić i sar, 2009). Farrar *et al.* (2004) su u SAD napravili proračun po kome se zaraza sjemena od 0,01% prevodi u oko 300 izvora inokuluma/ha. Po takvoj procjeni, ako u uzorku sjemena ima 1% zaraze, što na prvi pogled izgleda kao nizak i beznačajan nivo, u stvari, znači da se sa takvim sjemenom unosi 30.000 izvora inokuluma/ha. Takva količina inokuluma pruža gljivi šansu da se utvrdi i proširi zarazu na veliki broj novih biljaka do kraja vegetacije.

*Alternaria* vrste se u prirodi dugo održavaju na biljnim ostacima u zemljištu (Strandberg, 1977). Za vrstu *A. dauci* eksperimentalno je dokazano da se održava oko šest godina. Dužina održavanja u nekom zemljištu zavisi od uslova spoljne sredine, od kojih su značajni svi koji utiču na brzinu procesa raspadanja organske materije. To su prisustvo vlage i u manjoj mjeri temperatura. U uslovima povišene vlage, brži su procesi raspadanja zaraženih biljnih ostataka, tako da je smanjena postojanost konidija. Duga postojanost ovog patogena u zemljištu, jednom kada bude introdukovan u određeni region gajenja mrkve, ukazuje na izuzetno veliki značaj, koji zaraza i prenošenje sjemenom imaju u epidemiologiji. Takođe, različiti načini održavanja i prenošenja omogućavaju ovoj vrsti široku rasprostranjenost u mnogim proizvodnim područjima. Ovakva postojanost na sjemenu i u zemljištu komplikuje suzbijanje ove ekonomski štetne gljive, tako da je od izuzetnog značaja ispitati njeno prisustvo u području gajenja mrkve i drugih Apiaceae.

**Suzbijanje.** Osnovna mjera zaštite, koju treba primijeniti u zasnivanju proizvodnje povrća i začinskih biljaka iz familije Apiaceae, svodi se na upotrebu nezaraženog ili tretiranog sjemena. Najpovoljnije bi bilo proizvesti potpuno zdravo sjeme. Ukoliko do zaraze ipak dođe, mogu se preduzeti određene mjere u cilju smanjenja količine inokuluma na sjemenu. Kao jedna od mjera smanjenja, navodi se i tretman toplom vodom - termoterapija sjemena. Sjeme sa manjim nivoom zaraze se potapa u toplu vodu, najčešće pri temperaturi 57–61 °C, u određenom trajanju. Koristi se djelovanje više temperature na inaktivaciju spora gljive, a da pri tome ne dođe do smanjenja klijavosti ili vitalnosti sjemena. Ova mjera se može koristiti samostalno ili u kombinaciji sa hemijskim tretiranjem sjemena.

Postoje genotipovi mrkve sa povišenom otpornošću prema *A. dauci* i preporučuju se u područjima gdje je prethodnih godina zabilježena značajna pojava ove bolesti. Ipak, mnogi autori navode svoja iskustva i smatraju da se kod tolerantnih ili manje osjetljivih sorti mrkve, bolest javlja kasnije u sezoni, širi se sporije, ali je i dalje neophodna hemijska zaštita tokom vegetacije (Farrar *et al.*, 2004). U selekciji mrkve, kao i kod većeg broja drugih gajenih biljaka, postoje pokušaji dobijanja otpornih sorti primjenom genetičkog inženjeringa. Opisano je dobijanje transgenih (genetički modifikovanih, GM) biljaka mrkve sa otpornošću prema *A. dauci*. GM mrkva dobijena je tako što je u genotip mrkve unijet humani gen, koji kontroliše sintezu lizozima i ispoljile su rezistentnost prema pepelnici

i alternarijskom sušenju lista. Dobijanje genetički modificiranih genotipova mrkve još uvijek je u eksperimentalnoj fazi, mada se ne treba iznenaditi ukoliko se uskoro uvedu u komercijalnu proizvodnju.

Značajna mjera zaštite je i primjena plodoreda i obavezna je u regionima sa prethodnom pojavom bolesti, izazvanih sa *Alternaria* spp. na štitonošama. U plodoredu se inače primjenjuje smjena usjeva na godišnjem nivou, tako da se osjetljivi usjev u ovom slučaju mrkva, smjenjuje sa nekim koji nije osjetljiv. U slučaju *A. dauci* primjena plodoreda je izuzetno pogodna ali i lako primjenljiva zbog uskog kruga domaćina, koji ima ova gljiva. Izolati porijeklom iz Srbije ispoljili su veliku specifičnost u pogledu kruga domaćina, odnosno od 23 vrste iz osam biljnih familija, uspjeli su da zaraze samo sijance mrkve (Bulajčić, 2007). Jedna od mjera suzbijanja *A. dauci* je i zaoravanje zaraženih biljnih ostataka. Konidije zadržavaju klijavost i ostaju sposobne da zaraze osjetljive biljke sve dok biljni ostaci ne podlegnu procesima raspadanja u zemljištu. Zaoravanje ostataka prethodnog usjeva pomaže bržem raspadanju, a samim tim dovodi i do smanjenja količine inokuluma za naredni osjetljivi usjev.

Veoma intenzivna ispitivanja usmjerena su na mogućnost primjene bioloških mjera suzbijanja koje su prihvatljive u organskoj proizvodnji mrkve za suzbijanje mnogih patogena uključujući *Alternaria* spp. na štitonošama. Postoje pokušaji da se *A. dauci* na mrkvi suzbija sa *Bacillus subtilis* preparatima Serenade MAX i Serenade ASO. Primijenjena na sjemenu, antagonistička gljiva *Clonostachys rosea* štitila je sijance mrkve od propadanja podjednako efikasno kao standardni hemijski tretman. Nadalje, uočeno je da povećane količine azotnih đubriva povećavaju otpornost mrkve na *A. dauci* mada je eksperimentalno dokazano da količine azotnih đubriva koje je potrebno primijeniti za efikasno suzbijanje ove gljive imaju negativan uticaj na prinos jer podstiču listanje. Tretmanima usjeva mrkve giberelinskom kiselinom smanjuje se intenzitet zaraze sa *A. dauci*, jer se odlaže proces staranja listova što ih čini otpornijim.

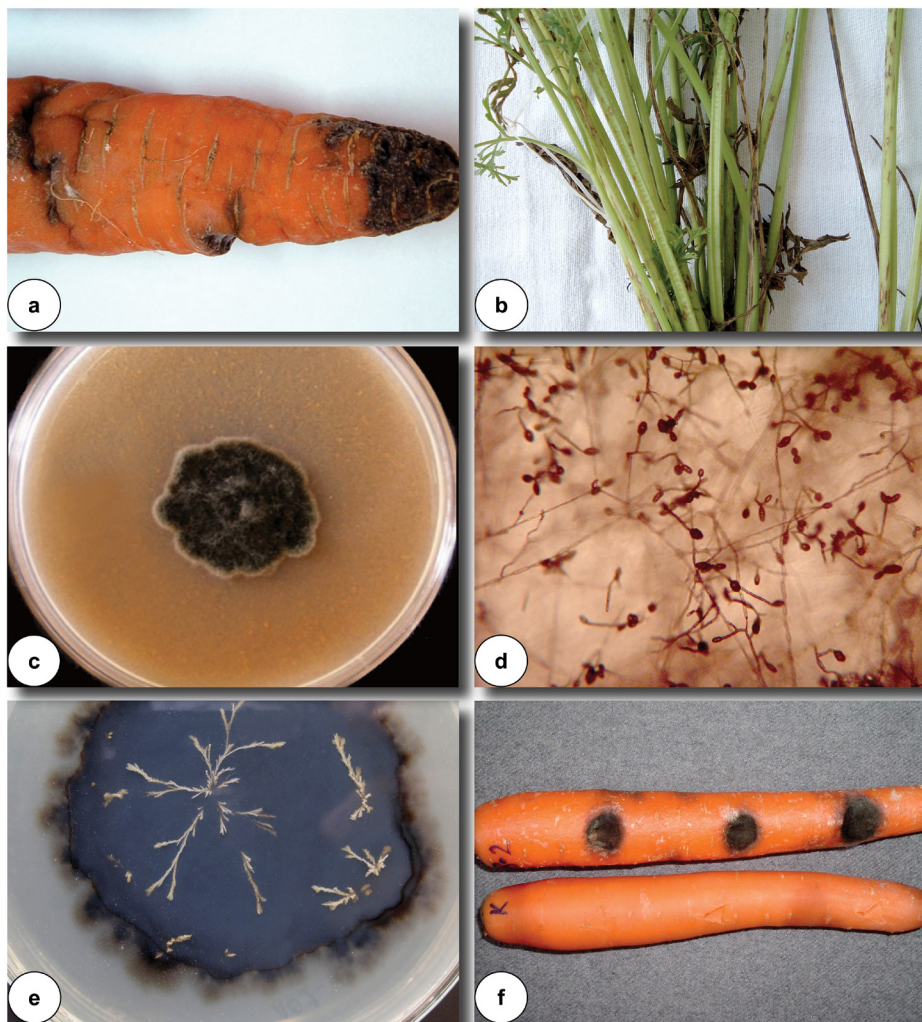
U mnogim područjima gajenja mrkve u svijetu, hemijska tretiranja fungicidima tokom vegetacije, bilo sjemenske ili merkantilne mrkve, redovna su mjera zaštite. Nisu rijetka uputstva da se zaštita od sušenja lista mrkve obavlja veoma čestim folijarnim tretiranjem usjeva, u intervalima od 3–7 dana (na primjer, u Izraelu 1 do 40 tremana tokom vegetacije) (Ben-Noon *et al.*, 2001). U literaturi je opisana rezistentnost, koje pojedine vrste *Alternaria* mogu razviti na određene fungicide, zbog čega većina autora preporučuje obaveznu smjenu preparata sa različitim mehanizmima djelovanja, kao jedan od načina izbjegavanja razvoja rezistentnosti.

## 2. *Alternaria radicina* Meier, Drechsler & E.D. Eddy – prouzrokovatelj crne truleži korijena mrkve

**Rasprostranjenost i ekonomski značaj.** Prvi put je opisana 1888. godine, kao uobičajena bolest mrkve u Danskoj i drugim zemljama sjeverne Evrope. Prouzrokovatelj crne truleži korijena mrkve *Alternaria radicina* je u prošlosti zbog nedovoljno određenih kriterijuma u klasifikaciji i nomenklaturi gljiva iz roda *Alternaria*, opisivana pod sinonimima *Stemphylium radicinum* (Meier *et al.*) Neergaard; i *Pseudostemphylium radicinum* (Meier *et al.*) Subramanian (Farar *et al.*, 2004). O crnoj truleži mrkve u literaturi postoji puno različitih navoda, koji se slažu da se radi o ekonomski veoma značajnoj gljivi. Tako gubici u Australiji, u prinosu iznose do 88%, u prosjeku 25%, dok je u SAD-u zabilježen nivo zaraze pojedinih godina bio 63–99%, što je dovodilo do skoro potpunog propadanja uskladištenih proizvoda. Najznačajnije ekonomske štete javljaju se tokom skladištenja korijena mrkve. Ova gljiva može da zarazi korijen i u skladištu, na temperaturama koje su čak blizu 0 °C, tako da nisu rijetki slučajevi da svi korijenovi u jednom skladištu budu zaraženi (Prayor, 2002b). Pored direktnih šteta koje vrste iz roda *Alternaria* izazivaju na svojim domaćinima, veoma su značajne i indirektno štete koje nastaju tako što većina vrsta luči različite veoma toksične metabolite, sa kancerogenim djelovanjem na sisare. Od svih gljiva, u tom pogledu naročito se ističu vrste *A. alternata* i *A. radicina* (Tyikowska *et al.*, 2003). One luče brojne mikotoksine, koji imaju izrazita mutagena i teratogena svojstva i prisustvo ovih metabolita u hrani veoma je štetno po ljudsko zdravlje. Posljednjih godina u Evropi *A. radicina* se veoma intenzivno proučava, naročito sa aspekta njihovog prisustva i prisustva metabolita. U toku je trajanje nekoliko istraživačkih projekata koje finansira Evropska unija, koji istražuju organski proizvedenu mrkvu, vrste *Alternaria* i prisustvo metabolite. *A. radicina* prisutna je u Srbiji, gdje se redovno prati njena pojava kao i štete koje nanosi (Bulajić i Krstić, 2007).

**Domaćini.** *A. radicina* je poznata prvenstveno kao patogen mrkve, odgovorna za bolest korijena i krune, a pod određenim uslovima izaziva i sušenje lista. Postoje izvjesni podaci da napada peršun, celer, kim, mirođiju, morač i paštrnjak, kao i neke korove (*Fumaria muralis*, *F. capreolata* i *F. parviflora*). U kasnijim, detaljnim proučavanjima većeg broja izolata u svijetu i našoj zemlji, ustanovljeno je da je patogena samo za mrkvu (Farrar *et al.*, 2004; Bulajić, 2007).





Tablo 2. *Alternaria radicina*. a) crna nekroza korijena mrkve, prirodna zaraza; b) nekroza lista i lisnih peteljki, prirodna zaraza; c) izgled kolonije stare sedam dana na PDA; d) pojedinačne feodiktiosporne konidije na kratkim, nerazgranatim konidioforama; e) kristali radicininu u 30 dana starim kolonijama na PDA; f) crna nekroza korijena mrkve sedam dana nakon vještačkih inokulacija (foto: A. Bulajić).

**Simptomi.** Crnu trulež mrkve karakteriše pojava suvih, crnih ulegnutih pjega na korijenu mrkve (sl. 2a, f). Čest simptom je i sužavanje vrha korijena, odnosno ramenog dijela korijena, do čije nekroze i sušenja dolazi usljed napredovanja gljive koja se spušta kroz zaražene lisne peteljke. Bolest izaziva najveće štete na korijenu mrkve, uskladištenom u hladnjačama, gdje pjege mogu brzo da se prošire i zahvate cio korijen koji propada, šireći se potom i na susjedne korijenove. Obzirom da se prenosi i održava na sjemenu, životni ciklus često započinje sjetvom zaraženog sjemena. Kako sjeme klija, patogen zaražava hipokotil, što dovodi do crne nekroze na sijancima i oni najčešće propadaju prije nicanja. Propadanje poslije nicanja se pojavljuje kada se iznikli sijanci zaražavaju na ili blizu linije zemlje. Gljiva onda sporulise i spore se rašire pomoću vjetra, vode za navodnjavanje ili kiše, što se ogleda u lošem zasnivanju usjeva koji je prorijeđen, a prinos umanjen. Kada prođu fazu sijanaca, biljke mrkve koje su vitalne i gajene u optimalnim uslovima, otpornije su na zarazu. Kada biljke stignu do tržišne veličine, one ponovo postaju osjetljive na infekciju sa *A. radicina*. Lisne peteljke, u kojima su započeli procesi starenja, naročito su osjetljive na infekciju i predstavljaju put za infekciju krune mrkve (sl. 2b). Ovo dovodi do formiranja crnog prstena i sužavanja na mjestima gdje su peteljke pričvršćene, što je karakterističan simptom po kome je bolest dobila ime. U polju infekcije obično ostaju ograničene na nadzemni dio i peteljke. Infekcije krune mogu, takođe, da vode infekciji korijena mrkve. U ovim slučajevima, gornji dio korijena postaje nekrotičan i nekroza može da napreduje u donje dijelove korijena. Infekcije korijena mrkve mogu takođe, da započnu ispod nivoa zemlje, ali su, po svemu sudeći, korijenovi prilično otporni na direktno prodiranje gljive. Infekcije ispod nivoa zemlje su potpomognute povredama, kao što su mehanička ili oštećenja od insekata. Ukoliko se zaraze korijena pojave rano tokom vegetacionog perioda, zaražene mrkve će biti odbačene u procesu sortiranja zahvaljujući očiglednom prisustvu velikih crnih lezija. Mrkve zaražene kasnije tokom sezone mogu da budu bez vidljivih pjega tokom vađenja, što predstavlja potencijalni izvor inokuluma tokom skladištenja.

**Patogen.** *A. radicina* je tipska vrsta sekcije *Radicina* roda *Alternaria* (Pryor and Gilbertson, 2002) i za nju je karakteristično da formira višećelijske, feodiktiosporne konidije sa poprečnim i uzdužnim pregradama (iz Gr. *diktyon* = mreža), bez kljuna koje se formiraju pojedinačno (sl. 2d), vrlo rijetko u kratkim nizovima od dvije. U poređenju sa drugim sličnim vrstama sekcije *Radicina* koje napadaju povrtarske i začinske biljke iz familije Apiaceae (*A. carotiincultae*, *A. petroselini*, *A. selini* i *A. smyrnii*) *A. radicina* raste sporo, obrazuje konidije sa značajno manjim brojem poprečnih pregrada i kolonije sa nepravilnom ivicom (sl. 2c) i proizvodi žuti pigment radicinin koji u velikoj količini kristališe na PDA i APDA (sl. 2e). Slična vrsta, *A. carotiincultae* raste brže, ima konidije sa većim brojem poprečnih pregrada i kolonije glatke ivice, ali ne proizvodi žuti pigment

ili kristale u podlozi, dok vrste *A. petroselini*, *A. selini* i *A. smyrnii* u podlozi stvaraju žuti pigment radicinin u različitom stepenu, ali se od *A. radicina* razlikuju po tome što formiraju kolonije koje brzo rastu i ne stvaraju kristale u podlozi (Pryor et Gilbertson, 2002; Park et al., 2008; Yu, 2015).

**Ciklus razvoja i epidemiologija.** Najznačajnije je održavanje i širenje zaraženim sjemenom. Infekcijom cvasti i sjemena mrkve, patogen zaokružuje životni ciklus te može da dovede i do značajnih gubitaka sjemena. Simptomi sušenja cvasti slični su sušenju liske. Ukoliko je infekcija jaka, cijela cvast može da postane nekrotična, što dovodi do toga da se sjeme ne formira. Kada se sjeme formira kontaminacija se obično pojavljuje u vidu konidija na površini sjemena. Gljiva nije otkrivena u unutrašnjosti sjemena. Prisustvo *A. radicina* na sjemenu može se utvrditi primjenom konvencionalnih, ali i molekularnih metoda detekcije (Pryor et Gilbertson, 2001; Konstantinova et al., 2002; Bulajić, 2007).

Zabilježeni nivoi zaraze sjemena su različiti, ali se literaturni izvori slažu da procenat zaraze može biti veoma visok (Tylkowska, 1992). Tako, zaraza sjemena u Poljskoj kretala se od 0,5–82%, dok je u istraživanjima u Australiji zaraza iznosila u proseku 35%. U istraživanjima uzoraka komercijalnog sjemena mrkve, zaraza *A. radicina* kretala se u rasponu od 0–10%, u pojedinačnim miješanim razama sa *A. dauci* i *A. alternata* (Bulajić i sar, 2009). U Australiji je ustanovljena zaraza čak i na sjemenu tretiranom sa iprodionom, na nivou 0,2–14%. Postoji dosta navoda koji ukazuju da su česte miješane zaraze *A. dauci* i *A. radicina* (Bulajić, 2007). Infekcija sa *A. radicina* tokom formiranja sjemena može, takođe, da utiče na vigor, vitalnost sjemena i u slučajevima jake zaraze sjeme ne klija.

*Alternaria radicina* može da preživi između dva usjeva mrkve u zemljištu na biljnim ostacima (Pryor, 2002). Pod povoljnim uslovima, sporuliše na zaraženim ostacima i spore započinju infekciju na novim usjevima mrkve. Ova gljiva može da opstane u zemlji u vidu konidija, dugo nakon što se biljni ostaci raspadnu, tako da je zabilježeno da se javlja na mrkvi kada je gajena na zemljištu u kome je prisutan patogen, iako tu nije gajena mrkva čak i osam godina.

**Suzbijanje.** Suzbijanje crne truleži mrkve je otežano iz nekoliko razloga. Gljiva je uobičajeno porijeklom sa sjemena, dugo postojana u zemljištu i može da se širi uz pomoć prašine i ostataka mrkve iz prethodnog usjeva, koje podiže vjetar. U polju, simptomi crne truleži na nadzemnom dijelu mrkve često postaju vidljivi tek nakon zatvaranja redova, što otežava otkrivanje, a hemijske mjere čini neefikasnim. Ipak, crnu trulež je moguće efikasno suzbijati korišćenjem integralnog pristupa.

Fungicidi primijenjeni za suzbijanje drugih vrsta *Alternaria* obično su efikasni i protiv *A. radicina*. Oni uključuju fungicide na bazi azoksistrobina. Najveći problem predstavlja nanošenje fungicida na rameni dio korijena i lisne peteljke mrkve, koje je otežano i najčešće neefikasno. Iz tog razloga, fungicidi za suzbi-

janje crne truleži se obično primjenjuju prije sjetve ili poslije vađenja. Tretiranje sjemena se obično koristi za suzbijanje patogena porijeklom sa sjemena, a suzbijanje na izvađenoj mrkvi može da se obavi pri sortiranju i prije skladištenja. Ipak, visoki troškovi ovih tretmana obično čine nemogućom njihovu upotrebu. Pokazalo se da jednostavan tretman toplom vodom (parom) prije skladištenja značajno smanjuje količinu truleži na uskladištenim plodovima, uključujući i crnu trulež i može da bude važan metod za suzbijanje bolesti u organskoj proizvodnji. Međutim, ukoliko su bakterije, kao što je *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, prisutne u velikom broju na izvađenom korijenu mrkve, onda tretman sa vodenom parom prije skladištenja, može da poveća količinu truleži u skladištu.

Sposobnost *A. radicina* da preživi u zemljištu duži vremenski period, važna je komponenta u epidemiologiji crne truleži. Plodored - rotacija usjeva može da igra važnu ulogu u njenom suzbijanju. Smjena usjeva može značajno da smanji gustinu populacije u poljima. Pogodni usjevi za plodored su pasulj, lucerka i pšenica, gajeni u rotaciji sa mrkvom. Gljiva može da preživi dug vremenski period u odsustvu domaćina. Iako kratkotrajna rotacija (2–4 godine) sa usjevom nedomaćina može da smanji gustinu populacije, produžene rotacije (>osam godina) su neophodne za suzbijanje oboljenja, ukoliko zaraza potiče iz zemljišta. Poželjno bi bilo ispitati prisustvo i količinu *A. radicina* u zemljištu na svakoj pojedinačnoj lokaciji i to prije sjetve mrkve.

Sorte mrkve otporne na infekciju su najefikasniji način suzbijanja crne truleži (Farrar *et al.*, 2004). Proučavanja obavljena u Evropi i Aziji ukazala su da neki od genotipova mrkve posjeduju otpornost na *A. radicina*.

Upotreba testiranog sjemena bez patogena je prvi i svakako najvažniji korak ka integralnom upravljanju crnom truleži mrkve, naročito u novim područjima proizvodnje. Tretiranje sjemena sa toplom vodom i/ili fungicidima (npr. tiramom) često se primjenjuje za suzbijanje *A. radicina*. U nekim slučajevima, odgajivači jednostavno obave ponovnu sjetvu da bi nadoknadili smanjeno zasnivanje redova, koje je posljedica propadanja sijanaca. Ipak, savremenim načinom sjetve, koji zahtjeva preciznost u sjetvi i visoku klijavost da bi se dobili uniformni redovi, čak i nizak nivo zaraze, može da vodi prorijeđenom usjevu.

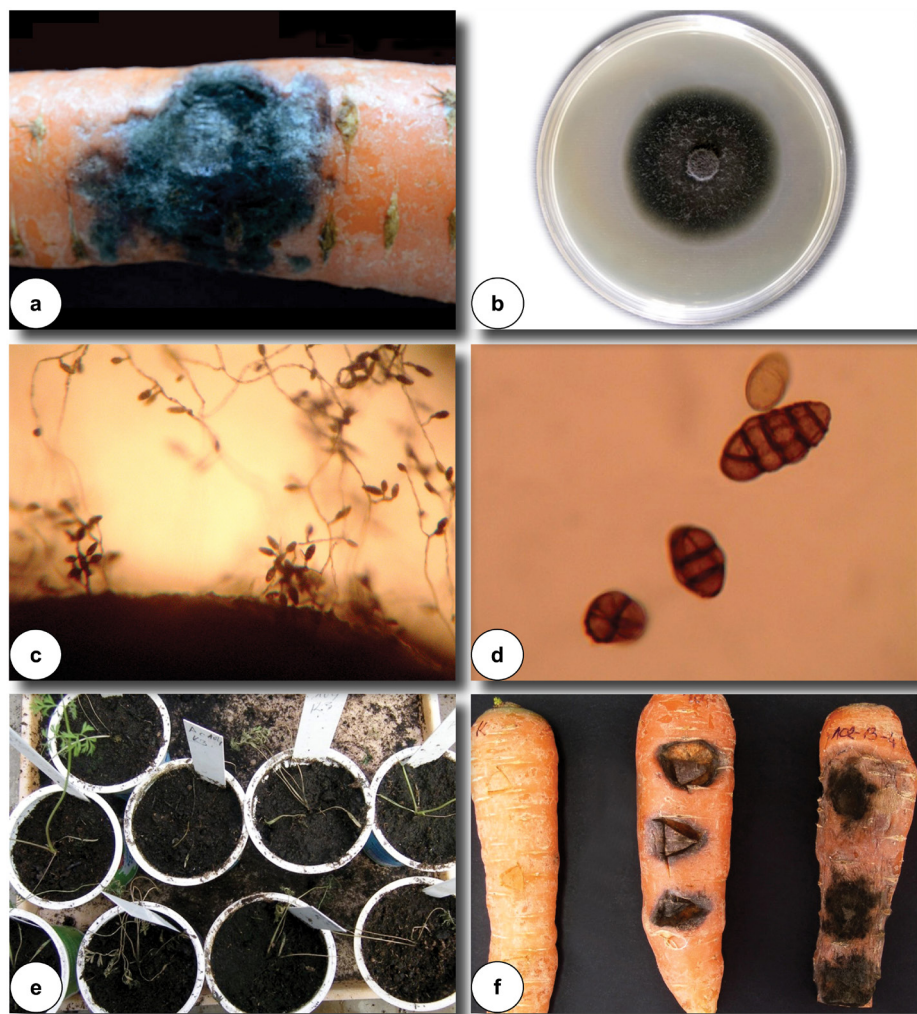
U toku su pokušaji da se razvije biološko suzbijanje crne truleži mrkve. Najviše napora je usmjereno na upotrebu bakterijskih agenasa, koji ispoljavaju antifungalnu aktivnost, kao što su *Burkholderia (Pseudomonas) cepacia* i *Bacillus subtilis*. Uticaj *B. cepacia* u pospješivanju nicanja sjemena mrkve i suzbijanju bolesti, bio je jednak sa primjenom odgovarajuće količine iprodiona. Pored toga, značajno je smanjio razvoj crne truleži na listu mrkve. Slični rezultati zabilježeni su korišćenjem *B. subtilis*. Pojedini izolati *Trichoderma viridae* su se pokazali kao uspješni antagonisti *A. radicina*, tako da imaju dobar potencijal kao biološki agensi u suzbijanju crne truleži uskladištene mrkve.

### 3. *Alternaria carotiincultae* E.G. Simmons – prouzročivač crne truleži korijena i propadanja klijanaca mrkve

Relativno novija vrsta sekcije *Radicina* u okviru roda *Alternaria*, *A. carotiincultae* prvo je opisana u SAD kao patogen mrkve (Simmons, 1995). Vrlo je blisko srodna sa *A. radicina*, toliko da su izvijesno vrijeme bile objedinjene u jednu vrstu sa zajedničkim imenom koja obuhvata dvije grupe izolata (Pryor et Gilbertson, 2002). Sa novijim rezultatima, prije svega molekularnim analizama i određivanju pouzdanijih konvencionalnih kriterijuma, svaka od ove dvije vrste dobila je poseban status i ime. *A. carotiincultae* prouzrokuje crnu trulež korijena mrkve (sl. 3a, f). Neki autori smatraju da je *A. carotiincultae* virulentnija u odnosu na *A. radicina* (Farar et al., 2004). Coles et Wicks (2003) su ovu vrstu opisali na mrkvi u Južnoj Australiji, gdje osim truleži korijena izaziva i propadanje klijanaca mrkve (sl. 3e). Ovi autori navode razlike u simptomima u poređenju sa *A. radicina*, a identifikaciju su obavili na osnovu simptomatologije i morfologije. Posljednja istraživanja ustanovila su da je *A. carotiincultae* značajno agresivnija u poređenju sa *A. radicina* (Pryor and Gilbertson, 2002; Bulajić i sar., neobjavljeni podaci), mada je značajno manje rasprostranjena u svijetu. Do sada, prisustvo je potvrđeno na mrkvi u polju kao i na sjemenu u Ohaju i Kaliforniji, SAD, kao i na biljkama mrkve u polju na Novom Zelandu, dok je 2014. godine prvi put dokazana u Evropi, u Srbiji na sjemenu mrkve (Bulajić et al., 2015).

*Alternaria carotiincultae* formira višćelijske, diktiosporne konidije sa poprečnim i uzdužnim pregradama, bez kljuna (sl. 3d), koje se formiraju pojedinačno na konidioforama različite dužine (sl. 3d). *A. carotiincultae* se od srodne i morfološki veoma slične vrste *A. radicina* vrlo teško razlikuje po tome što na podlozi raste brže, ima konidije sa većim brojem poprečnih pregrada i kolonije glatke ivice (sl. 3b), ali ne proizvodi žuti pigment ili kristale u podlozi, dok *A. radicina* raste sporo, obrazuje konidije sa značajno manjim brojem poprečnih pregrada i kolonije sa nepravilnom ivicom (sl. 2c), te proizvodi kristale (sl. 2e) i žuti pigment (sl. 2c) na PDA. Konidije *A. carotiincultae* se slično *A. radicina* formiraju pojedinačno na uspravljenim konidioforama, mada se za ovu vrstu vezuje relativno viša učestalost prisustva konidija u kratkim nizovima od dvije ili čak i tri. Od drugih sličnih vrsta iz sekcije *Radicina* koje parazitiraju biljake iz familije Apiaceae (*A. petroselini*, *A. selini* i *A. smyrnii*), i koje takođe na podlozi rastu brzo, *A. carotiincultae* se razlikuje po tome što ne stvara žuti pigment u podlozi, dok ga sve tri navedene vrste stvaraju (Pryor et Gilbertson, 2002; Park et al., 2008; Yu, 2015).





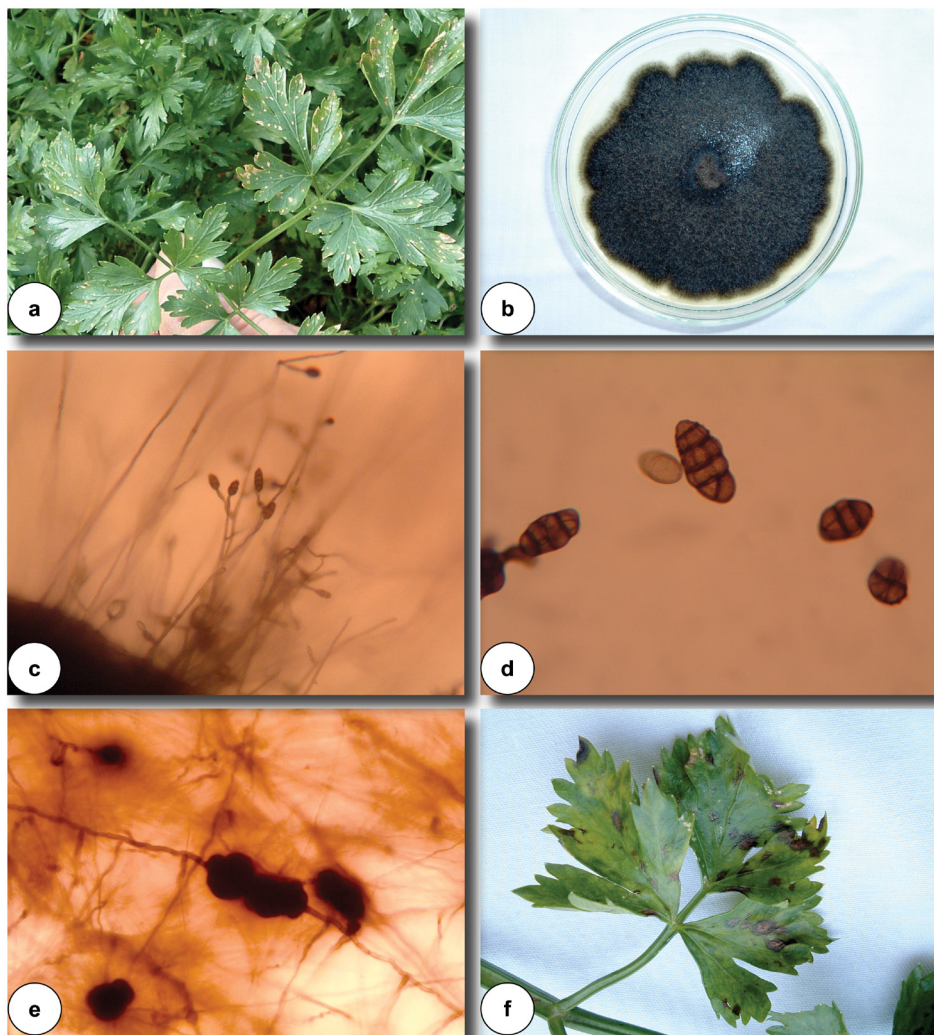
Tablo 3. *Alternaria carotiincultae*. a) nekroza korijena mrkve, prirodna zaraza; b) izgled kolonije stare 7 dana na PDA; c) pojedinačne konidije na kratkim, nerazgranatim konidioforama; d) mrko obojene feodiktiosporne konidije; e) propadanje sijanaca mrkve četiri dana nakon vještačkih inokulacija; f) nekroza korijena mrkve pet dana nakon vještačkih inokulacija (foto: A. Bulajić).

#### 4. *Alternaria petroselini* (Neerg.) E. G. Simmons – prouzročivač pjegavosti i sušenja lista peršuna

**Rasprostranjenost i ekonomski značaj.** *Alternaria petroselini* (syn. *A. radicina* var. *petroselini* (Neerg.) Neerg.; *Stemphylium petroselini* Neerg.; *S. radicinum* var. *petroselini* (Neerg.) Neerg.) može da izazove značajne štete u proizvodnji korijena i lišća peršuna (Pryor, 2003; *loc. cit.* Bulajić i sar., 2005). Prisustvo ove gljive zabilježeno je na peršunu u Australiji, Japanu, Velikoj Britaniji i Srbiji, kao i na moraču u Holandiji, Italiji i Španiji, te na *Carya cathayensis* u Kini (Stanković i sar., 2014).

**Domaćini.** Ova gljiva osim peršuna, napada i celer, paštrnak i korijander (Bulajić i sar., 2005), dok su Stanković i sar. (2014) utvrdili da ova gljiva pri vještačkim inokulacijama ispoljava slabu patogenost na mrkvi, moraču i anisu.

**Simptomi.** Simptomi ovog oboljenja uočavaju se na listu peršuna u vidu mnogobrojnih, sitnih, tamnih nekrotičnih pjega na listovima (sl. 3a) i lisnim peteljka. Vremenom pjege se mogu spajati i zahvatiti veći dio liske (sl. 3f), zbog čega listovi gube tržišnu vrijednost. Pjege su brojnije na starijim listovima koji počinju da žute i suše se. U slučaju jakog intenziteta oboljenja dolazi do sušenja listova, prvo starijih, a kasnije skoro svih. Sušenju doprinosi i pojava nekrotičnih, izduženih pjega na lisnim peteljka. U takvim usjevima onemogućeno je mehanizovano vađenje korijenova peršuna iz zemlje, što mnogostruko povećava štete (Farar *et al.*, 2004).



Tablo 4. *Alternaria petroselini*. a) nekrotične pjege na listu peršuna, prirodna zaraza; b) izgled kolonije stare sedam dana na PDA; c) pojedinačne konidije na kratkim, nerazgranatim konidioforama; d) mrko obojene feodiktiosporne konidije; e) mikrosklerocije u 15 dana starim kolonijama na PDA; f) nekrotične pjege na listu sedam dana nakon vještačkih inokulacija (foto: *A. Bulajić*).

**Patogen.** Na PDA *A. petroselini* formira tamnosive, skoro crne kolonije sa blago talasastim ivicama i gustom somotastom sjajnom vazdušnom micelijom (sl. 3b). Konidije se formiraju u velikom broju, pojedinačno, na kratkim i nerazgranatim konidioforama (sl. 3c). Konidije su glatke, tamnosmeđe boje, diktiosporne i često ulegnute na poprečnim septama (sl. 3d), dimenzija 16,25–47,50x12,5–27,5 µm (Bulajić i sar., 2005). Prema Stanković i sar. (2014) *A. petroselini* može da formira mikrosklerocije, tamnosmeđe boje (sl. 3e) što može da bude veoma koristan morfološki karakter za razlikovanje ove od ostalih morfološki sličnih vrsta.

*Alternaria petroselini* pripada sekciji *Radicina* roda *Alternaria* i za nju je karakteristično da formira višecelijske, diktiosporne konidije sa poprečnim i uzdužnim pregradama, bez kljuna. U poređenju sa drugim sličnim vrstama sekcije *Radicina* koje napadaju biljke iz familije Apiaceae *A. petroselini*, slično kao i *A. selini* i *A. smyrnii* brzo raste i stvara žuti pigment, ali ne i kristale u podlozi, za razliku od vrste *A. radicina* koja raste sporo i proizvodi žuti pigment i kristale u podlozi (sl. 2e), kao i vrste *A. carotiincultae* koja takođe raste brzo, ali ne proizvodi žuti pigment ili kristale u podlozi (Pryor et Gilbertson, 2002; Park et al., 2008; Yu, 2015). *A. petroselini* formira konidije pojedinačno, po čemu se razlikuje od vrste *A. smyrnii*, koja uglavnom formira konidije u nizu od dvije, dok se od vrste *A. selini* razlikuje prvenstveno po karakteristikama konidija, pri čemu su konidije *A. petroselini* široko jajaste do široko elipsoidne, sa tri do četiri poprečne i jednom do četiri uzdužne septe. Osim toga, *A. petroselini* stvara više okruglastih konidija u starijim kulturama (starim više od 15 dana) nego *A. selini*. Takođe, razlikovanje ove dvije gljive kao različitih vrsta je moguće i na osnovu molekularnih analiza (Pryor, 2002a).

**Ciklus razvoja** i epidemiologija. *A. petroselini* održava se i širi zaraženim sjemenom (Pryor, 2002) gdje se može naći u značajnom procentu. Istraživanja u Srbiji pokazala su da je zaraza komercijalnog sjemena peršuna iznosila 0–100% u zavisnosti od uzorka, a *A. petroselini* javljala se pojedinačno ili u miješanim zarazama sa *A. alternata* (Bulajić et al., 2009). Patogen može da se održi i u biljnim ostacima u zemljištu (Rotem, 1994). Agnew (2001) navodi da spore ove gljive mogu da prežive dug vremenski period na sjemenu domaćina, ili na zaraženim ostacima prethodnog usjeva peršuna.

**Suzbijanje.** Kontrola bolesti koju *A. petroselini* izaziva je vrlo teška i uglavnom se svodi na upotrebu zdravog sjemena i plodoređa u trajanju od najmanje šest godina (Farar et al., 2004). Kako *A. petroselini* ima krug biljaka domaćina iz fam. Apiaceae, ove biljke treba izbjegavati u plodoređu, sa izuzetkom mrkve koja je uglavnom otporna (Bulajić i sar., 2005). Hemijske mjere borbe su moguće, ali sa ograničenim uspjehom. Osnovni problem u hemijskoj kontroli lisne pjegavosti peršuna jeste taj što fungicid teško dopijeva do starijih listova zbog gustog sklopa samog usjeva, a tu se oboljenje prvo pojavljuje (Agnew, 2001; Farar et al., 2004).



## 5. *Alternaria selini* E.G. Simmons – prouzrokovatelj sušenja lista i propadanja krune peršuna

*Alternaria selini* je relativno skoro izdvojena vrsta (Simmons, 1995) koja izaziva pojavu pjega i sušenje listova, kao i propadanja krune peršuna. Osim na peršunu opisana je i kao patogen korijandera (*Coriandrum sativum*) i komorača (*Foeniculum vulgare*). Uglavnom se pominje sa srodnim vrstama *A. petroselini* i *A. smyrnii* (Pryor, 2002a). *A. selini* pripada sekciji *Radicina* roda *Alternaria* i za nju je karakteristično da formira višćelijske, diktijsporne konidije sa poprečnim i uzdužnim pregradama, bez kljuna. U poređenju sa drugim sličnim vrstama sekcije *Radicina* koje napadaju biljake iz familije Apiaceae, *A. selini*, slično kao i *A. petroselini* i *A. smyrnii* brzo raste i stvara žuti pigment, ali ne i kristale u podlozi, za razliku od vrste *A. radicina* koja raste sporo i proizvodi žuti pigment i kristale u podlozi (sl. 2e), kao i vrste *A. carotiincultae* koja takođe raste brzo, ali ne proizvodi žuti pigment ili kristale u podlozi (Pryor et Gilbertson, 2002; Park et al., 2008; Yu, 2015). *A. selini* formira konidije pojedinačno, po čemu se razlikuje od vrste *A. smyrnii*, koja uglavnom formira konidije u nizu od dvije, dok se od vrste *A. petroselini* razlikuje prvenstveno po karakteristikama konidija, pri čemu su konidije *A. selini* tipično jajaste do široko elipsoidne, duge do 80 µm s 5–10 poprečnih septa i jednom do tri uzdužne septe. Osim toga, *A. selini* stvara manje okruglastih konidija u kulturi nego *A. petroselini*. Takođe, razlikovanje ove dvije gljive kao različitih vrsta je moguće i na osnovu molekularnih analiza (Pryor, 2002a).

## 6. *Alternaria smyrnii* (P. Crouan & H. Crouan) E.G. Simmons – prouzrokovatelj crne pjegavosti lista peršuna

*Alternaria smyrnii* (syn. *Helminthosporium smyrnii* P. Crouan & H. Crouan; *Macrosporium smyrnii* (P. Crouan & H. Crouan) Sacc.) je relativno skoro izdvojena vrsta (Simmons, 1995) koja izaziva pojavu crnih pjega na listovima peršuna. O pojavi ove gljive ima malo literaturnih navoda. Osim na peršunu opisana je na još dvije vrste iz familije Apiaceae, i to na zelenkastoj lesandri (*Smyrniolum olusatrum*), prema kojoj je vrsta dobila i ime, kao i na šumskoj krasuljici (*Anthriscus sylvestris*). Uglavnom se pominje sa srodnim vrstama *A. petroselini* i *A. selini* (Pryor, 2002a). *A. smyrnii* pripada sekciji *Radicina* roda *Alternaria* i za nju je karakteristično da formira višćelijske, diktijsporne konidije sa poprečnim i uzdužnim pregradama, bez kljuna. Za razliku od vrsta *A. petroselini* i *A. selini*, *A. smyrnii* uglavnom formira konidije u nizu od dvije (Pryor, 2002b), dok su proučavajući međudnos i srodnost ovih gljiva, Pryor et Gilbertson (2000) ustanovili da se *A. smyrnii* od prethodne dvije vrste razlikovala po sekvenci dijela genoma (ITS regionu genoma koji se nalaze između ribozomalnih gena u okviru jedne rDNA jedinice) u samo nekoliko nukleotida (*loc. cit.* Bulajić, 2007).



## 7. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. – prouzrokovatelj pjegavosti lista i propadanja klijanaca mrkve

*Alternaria alternata* prouzrokuje pjegavost lista, kao i trulež i propadanje klijanaca mrkve i drugih biljaka iz porodice *Apiaceae* (Solfrizzo *et al.*, 2005; Perviz, neobjavljeno) i pojavljuje se na mrkvi u većini proizvodnih područja (Grabarkiewicz-Szczesna *et Chelkowski*, 1992). Prisustvo ove gljive kao prouzrokovatelja pjegavosti lista mrkve utvrđeno je i na području Bosne i Hercegovine (Perviz, neobjavljeno). Često je prisutna na sjemenu (Kwasna, 1992), što dovodi do mogućnosti da prouzrokuje bolest na brojnim biljkama domaćinima, uključujući i biljke iz porodice *Apiaceae*, na kojima najčešće izaziva propadanje klijanaca (Otani *et Kohmoto*, 1992).

*Alternaria alternata* (syn. *A. tenuis* Nees) je izrazito polifagna gljiva koja napada preko 380 različitih vrsta biljaka (Rotem, 1994). Pripada sekciji *Alternaria*, koje formiraju sitne konidije u razgranatim nizovima sa kratkim kljunom ili bez njega. Konidije *A. alternata* su ovalne do jajaste ili kupaste, obrnuto paličaste ili kruškolike, elipsoidne do cilindrične, sa i bez kljuna, muriformne, sa 3–5 poprečnih i 0–3 uzdužnih ili kosih pregrada, maslinastosmeđe do tamnosmeđe boje, glatke ili bradavičaste, 5–10 ili više ulančane, često lanci razgranati. Tijelo kondija je postepeno suženo u konusni ili cilindrični kljun (oko jedne trećine dužina kondije) ili sekundarni konidiofor. Ova vrsta *in situ* formira pojedinačne polu-uspravne konidiofore sa 6 do 12 (20) ulančanih konidija ili sa vršnim razgranatim lancima malih konidija (od 2 do 6), odvojenih kratkim sekundarnim konidioforima (Rotem, 1994; Rotondo *et al.*, 2012).

*Alternaria alternata* uključuje različite grupe pravih saproba, oportunističkih patogena i virulentnih za domaćina specijalizovanih patotipova, a njena klasifikacija je u potpunosti bila zasnovana na morfologiji. Danas je poznata osnova virulentnosti, patogenosti i selektivnosti za domaćina, za najmanje osam patotipova *A. alternata*. Ovi patotipovi proizvode i luče visoko toksična jedinjenja (HST- host specific toxins), koja su specifična za biljku domaćina (Nishimura *et Kohmoto*, 1983; Scheffer, 1992; Kusaba *et Tsuge*, 1995; *loc. cit.* Bulajić, 2007). Primjenom strogo utvrđenih uslova gajenja, Andersen *et al.* (2001) ustanovili su da se ovi patotipovi mogu razlikovati ne samo po krugu domaćina, već i morfološki, a molekularne metode su potvrdile da među njima postoje stabilne i definisane razlike koje ih kvalifikuju da budu smatrane zasebnim vrstama (Roberts *et al.*, 2000).

Bez obzira što nisu opisani patotipovi specijalizovani za mrkvu, veoma često se događa da *A. alternata* nanosi ozbiljne štete usjevu mrkve, naročito u ljetnjoj sjetvi. Zbog specifičnih klimatskih uslova i pojave ekstremno visokih temperatura u vrijeme klijanja i nicanja zbog čega su biljke već pod stresom, *A. alternata* izaziva propadanje sijanaca ili mladih biljaka nanoseći ozbiljne gubitke

u prinosu. Pojava bolesti i velikih šteta može se povezati sa visokim nivoom zaraze sjemena više biljaka iz fam Apiaceae sa *A. alternata* ustanovljenim u Srbiji i to sjemena mrkve 0–89,25%, peršuna 0–100% i celera 0–16,75%, dok je u pojedinačnim uzorcima sjemena korijandera ustanovljena zaraza od 92,25%, mirođije 61,75% i anisa 25,25% (Bulajić i sar, 2009).

#### **8. *Alternaria longipes* (Ellis & Everh.) E.W. Mason – prouzrokovatelj pjegavosti lista mrkve**

*Alternaria longipes* (syn. *A. brassicae* var. *tabaci* Preisseecker; *A. longipes* var. *major* Pavgi & U.P. Singh; *Macrosporium longipes* Ellis & Everh.; *Nimbya major* (Pavgi & U.P. Singh) E.G. Simmons) je prvobitno opisana na duvanu, ali su Vintal *et al.* (2002) u Izraelu utvrdili da ova gljiva uzrokuje simptome na listovima mrkve koje su bile različite od onih koje izaziva *A. dauci*. Pjege su započinjale uglavnom u središnjem dijelu površine liske i bile su okružene velikim žućkastim površinama. Iz ovakvih pjega stalno je bila izolovana *A. longipes*, dok su se povremeno na istim listovima razvijale obje gljive (*A. longipes* i *A. dauci*). Međutim, ova dva patogena se značajno razlikuju u morfologiji konidija (veličina i oblik spora i kljuna) kada su gajene na PDA.

*Alternaria longipes* pripada sekciji *Alternaria* čiji predstavnici formiraju sitne konidije u nizovima sa kratkim kljunom ili bez njega. Takođe, ova vrsta je dugo smatrana različitim izolatima i patotipovima vrste *A. alternata*, ali su je Andersen *et al.* (2001) na osnovu strogo određenih morfoloških, patogenih i molekularnih osobina izdvojili u jasno definisanu vrstu.

#### **9. *Alternaria burnsii* Uppal, Patel & Kamat – prouzrokovatelj sušenja lista pitomog kumina**

Sušenje lista kumina izazvano sa *A. burnsii* se pojavljuje na listovima pitomog kumina u svim fazama razvoja. Simptomi se osim na listovima ispoljavaju i na stabljikama i cvastima u vidu smeđih do crnih nekrotičnih pjega sa ili bez hlorotičnih rubova. Vremenom se pjege šire i spajaju usljed čega dolazi do potpunog sušenja listova i drugih napadnutih biljnih organa. Starenjem biljke postaju podložnije napadu bolesti (Pryor, 2002a).

Prouzrokovatelj bolesti *A. burnsii* pripada sekciji *Alternaria* čiji predstavnici formiraju sitne konidije u nizovima sa kratkim kljunom ili bez njega. Gljiva formira maslinastozelene konidije veličine 7–23 x 25–119 µm sa jednom do devet poprečnih septa (uglavnom tri do pet) i 0 do nekoliko uzdužnih septi. Konidije se proizvode pojedinačno na domaćinu ili u lancima od 2–10 u kulturi. Za razvoj bolesti potrebna je visoka relativna vlažnost vazduha (veća od 90%) tokom tri dana. Optimalne temperature za razvoj *A. burnsii* su 23–28 °C. Patogen se prenosi sjemenom pitomog kumina, ali često prezimljava i u biljnim ostacima. Mjere

suzbijanja su sjetva zdravog sjemena bez patogena, kao i korišćenje plodoreda i primjena folijarnih fungicida tokom vegetacije (Pryor, 2002a).

## ZAKLJUČAK

Usjevi biljaka fam Apiaceae redovno su u našim proizvodnim uslovima ugroženi bolestima koje izazivaju vrste roda *Alternaria*. Dosadašnja istraživanja na području Srbije i Bosne i Hercegovine ukazala su na prisustvo najmanje pet vrsta, i to *A. dauci*, *A. radicina*, *A. carotiincultae*, *A. petroselini* i *A. alternata*. Mada sve ove vrste ispoljavaju brojne razlike, ipak im je zajedničko da svoje biljke domaćine uglavnom napadaju u dvije fenofaze, u ranim fazama razvoja biljaka, prilikom klijanja i nicanja, ili pri kraju vegetacije, kada u listovima ili korijenu započne proces fiziološkog starenja. U skladu sa tim, štete nastaju usljed prorjeđivanja usjeva, lisne pjegavosti ili nekroze listova i lisnih peteljki što otežava mehaničko sakupljanje proizvedenih korijenova, kao i truleži krune i korijena.

Po krugu domaćina uglavnom se razlikuju vrste sa užim krugom domaćina, često specijalizovane za samo jednog domaćina u okviru fam. Apiaceae, kao što su *A. dauci*, *A. radicina* i *A. carotiincultae*, specijalizovane za mrkvu ili *A. petroselini*, specijalizovana za peršun, ili su sa širim spektrom domaćina kao što je *A. alternata* koja mada slabije agresivnosti može da ugrozi više različitih biljaka iz ove ili drugih familija.

Za sve vrste roda *Alternaria* patogene za biljke iz fam. Apiaceae zajedničko je da se prenose sjemenom, tako da je prvi korak u uspješnoj kontroli bolesti koje izazivaju upotreba zdravog sjemena. Mada su vrste roda *Alternaria* prije svega prisutne na površini sjemena, tretiranje sjemena fungicidima često obezbjeđuje samo djelimičan uspjeh, uglavnom zbog specifične ornamentike epispore sjemena koja je naborana zbog čega spore mogu da ostanu zaštićene. Upravo zbog toga, posebnu pažnju treba posvetiti zdravstvenom stanju sjemenskih usjeva i njihovoj zaštiti u cilju proizvodnje zdravog, neinfestiranog sjemena.

Buduća istraživanja ove grupe značajnih patogena treba da budu usmjerena prije svega na dalju karakterizaciju populacije svih prisutnih vrsta roda *Alternaria* patogenih za povrće i začinsko bilje iz familije Apiaceae, ranoj dijagnostici i razvoju osjetljivih, pouzdanih i brzih metoda detekcije kako bi bilo olakšano donošenje odluka u strategiji suzbijanja i obezbijedilo bolji ekonomski efekat proizvodnje i prije svega dobijanje zdravstveno bezbjednih proizvoda.

## LITERATURA

- Agrios, G. N. (2005): Plant Pathology. Elsevier Academic Press.
- Agnew, K. (2001): *Alternaria* leaf spot. Crop profile for Parsley in Arizona. <http://www.ipmcenters.org/cropprofiles/dics/AZparslez.html>.
- Andersen, B., Kroger, E., Roberts, R. G. (2001): Chemical and morphological segregation of *Alternaria alternata*, *A. gaisen* and *A. longipes*. *Mycological Research*, 105(3): 291–299.
- Ben-Noon, E., Shtienberg, D., Shlevin, E., Vintal, H., Dinooor, A. (2001): Optimization of chemical suppression of *Alternaria dauci*, the causal agent fo alternaria leaf blight in carrots. *Plant Disease*, 85: 1149–1156.
- Bulajić, A. (2007): Identifikacija i taksonomski međuodnos vrsta roda *Alternaria* Ness patogenih za povrtarske i začinske biljke familije Apiaceae u Srbiji. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Bulajić, A., Đekić, I., Lakić, N., Krstić, B. (2009): The presence of *Alternaria* spp. on the seed of Apiaceae plants and their influence of seed emergence. *Archives of Biological Science*, 61: 871–881.
- Bulajić, A., Krstić, B. (2007): Patogeni mrkve (*Alternaria radicina*, *A. dauci*). *Biljni lekar*, 35(6): 595–604.
- Bulajić, A., Krstić, B., Vico, I., Dukić, N. (2005): Usporedna proučavanja izolata *Alternaria petroselini* patogena peršuna. *Pesticidi i fitomedicina*, 20: 43–50.
- Bulajić, A., Stanković, I., Vučurović, A., Milojević, K., Nikolić, D., Teodorović, S., Krstić, B. (2015): *Alternaria* species on carrot in Serbia. *Phytopathology* 105(S4): 21.
- Coles, R. B., Wicks, T. J. (2003): New fungal pathogens of carrots in South Australia. [http://sardi.sa.gov.au/pages/horticulture/pathology/pdf/car\\_apps.pdf](http://sardi.sa.gov.au/pages/horticulture/pathology/pdf/car_apps.pdf)
- Farrar, J., Pryor, B. A., Davis, R. M. (2004): *Alternaria* diseases of carrot. *Plant Disease*, 88: 776–784.
- Grabarkiewicz-Szczesna, J., Chelkowski, J. (1992): Metabolites Produced by *Alternaria* Species and Their Natural Occurrence in Poland. In: Chelkowski, J., Visconti, A. (eds), *Alternaria - Biology, Plant Diseases and Metabolites, Topics in Secondary Metabolism, Volume 3*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, pp. 363–380.
- Kwasna, H. (1992): Occurrence of *Alternaria* Species in Poland. In: Chelkowski, J., Visconti, A. (Eds.), *Alternaria - Biology, Plant Diseases and Metabolites, Topics in Secondary Metabolism, Volume 3*. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, pp. 301–336.
- Konstantinova, P., Bonants, P. J. M., van Gent-Pelzer, M. P. E., van der Zouwen, P., van den Bulk, R. (2002): Development of specific primers for detection and identification of *Alternaria* spp. in carrot material by PCR and comparison with blotter and plating assays. *Mycological Research*, 106(1): 23–33.
- Kramer, D. W. (2006): Apiaceae (=Umbelliferae), Carrot and Parsley Family. *Amazing Plants*. Website: <http://www.mansfield.ohio-state.edu/~dkramer/Family-Apiaceae.html>.
- Otani, H., Kohmoto, K. (1992): Host – Specific Toxins of *Alternaria* Species. In: Chelkowski, J., Visconti, A. (eds), *Alternaria-Biology, Plant Diseases and Metabolites*,

- Topics in Secondary Metabolism – Volume 3. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, pp. 123–156.
- Park, M. S., Romanoski, C. E., Pryor, B. M. (2008): A re-examination of the phylogenetic relationship between the causal agents of carrot black rot, *Alternaria radicina* and *A. carotiincultae*. *Mycologia*, 100(3): 511–527.
- Perviz, M., Trkulja, V., Mihić Salapura, J., Kovačić Jošić, D., Ćurković, B., Vuković, B. (2017): Vrste roda *Alternaria* paraziti mrkve i mogućnosti njihovog suzbijanja. XIV Simpozijum o zaštiti bilja u Bosni i Hercegovini, Zbornik rezimea: 70–72, Mostar.
- Pryor, B. M. (2002a): *Alternaria* leaf blight of parsley. In: Compendium of Umbelliferous Crop Diseases, (Eds.) R. M. Davis and R. N. Raid. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 17.
- Pryor, B. M. (2002b): Black rot. In: Compendium of Umbelliferous Crop Diseases, (Eds.) R. M. Davis and R. N. Raid. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 25–27.
- Pryor, B. M., Gilbertson, R. L. (2001): A PCR-based assay for detection of *Alternaria radicina* on carrot seed. *Plant Disease*, 85: 18–23.
- Pryor, B. M., Gilbertson, R. L. (2002): Relationships and taxonomic status of *Alternaria radicina*, *A. carotiincultae* and *A. petroselini* based upon morphological, biochemical and molecular characteristics. *Mycologia*, 94(1): 49–61.
- Pryor, B. M., Strandberg, J. O. (2002): *Alternaria* leaf blight of carrot. In: Compendium of Umbelliferous Crop Diseases, (Eds.) R. M. Davis and R. N. Raid. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 15–16.
- Roberts, R. G., Reymond, S. T., Andersen, B. (2000): RAPD fragment pattern analysis and morphological segregation of small-spored *Alternaria* species and species groups. *Mycological Research*, 104(2): 151–160.
- Rotem, J. (1994): The Genus *Alternaria*: Biology, Epidemiology and Pathogenicity. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.
- Rotondo, F., Collina, M., Brunelli, A., Pryor, B. M. (2012): Comparison of *Alternaria* spp. collected in Italy from apple with *A. mali* and other AM-toxin producing strains. *Phytopathology* 102(12): 1130–1142.
- Simmons, E. G. (1995): *Alternaria* chronology and catalogue raisonné. Part I: 1796–1871. *Mycotaxon*, 55: 1–53.
- Solfrizzo, M., Girolamo, A. D., Vitti, C., Tylkowska, K., Grabarkiewicz-Szczesna, J., Szopiska, D., Dorna, H. (2005): Toxigenic profile of *Alternaria alternata* and *Alternaria radicina* occurring on umbelliferous plants. *Food Additives and Contaminants*, 22(4): 302–308.
- Stanković, I., Milojević, K., Vučurović, A., Nikolić, D., Krstić, B., Bulajić, A. (2014): Pjegavost i sušenje lista – značajna bolest peršuna u Srbiji. *Zaštita bilja*, 290: 146–154.
- Tylkowska, K. (1992): Carrot seed-borne diseases caused by *Alternaria* species. In: *Alternaria: Biology, Plant Diseases and Metabolites*, Topics in Secondary Metabolism, (Eds.) J. Chelkowski and A. Visconti. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 337–352.



- Tylokowska, K., Grabarkiewicz-Szczesna, J., Iwanawska, H. (2003): Production of toxins by *Alternaria alternata* and *A. radicina* and their effects on germination of carrot seeds. *Seed Science and Technology*, 31: 309–316.
- Vintal, H., Shtienberg, D., Shlevin, E., Ben-Noon, E. (2002): First report of leaf blight caused by *Alternaria longipes* on carrot in Israel. *Plant Disease*, 86: 186.
- Yu, S. H. (2015): Fungal Flora of Korea. Ascomycota: *Dothideomycetes: Pleosporales: Pleosporaceae Alternaria* and Allied Genera. National Institute of Biological Resources Ministry of Environment, 1(2): 1–156.

## Abstract

### **SPECIES OF THE GENUS *Alternaria* PATHOGENS OF VEGETABLE AND SPICE PLANTS FROM THE FAMILY APIACEAE**

**Vojislav Trkulja<sup>1</sup>, Mehira Perviz<sup>2</sup>, Petar Mitrović<sup>3</sup>, Mira Vojvodić<sup>4</sup>, Aleksandra Bulajić<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PI Agricultural Institute of Republic of Srpska, Banja Luka, B&H, R. Serbia; <sup>2</sup>Agricultural Institute, Bihać, B&H; <sup>3</sup>Scientific Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, R. Serbia; <sup>4</sup>Faculty of Agriculture, Zemun - Belgrade, R. Serbia  
Email: bulajic\_aleksandra@yahoo.com

Species of the genus *Alternaria* are among the most important plant pathogens that occur worldwide on many host plants, as well as plants of the Apiaceae family, including important vegetables such as carrots, parsley, celery, parsnips and fennel, and popular herbs such as anise, cumin, dill, coriander and others. These plants are attacked by different species of phytopathogenic fungi of the genus *Alternaria*, and this paper offers current review of nine different species. However, there is still insufficient information on both these species and the numerous interactions between them and their host plants and environmental factors. This information are necessary as the basis for adequate disease control measures and thus enabling successful and profitable cultivation of these high valued crops. Therefore, we present pathogen profiles of *A. dauci*, *A. radicina*, *A. carotiinculatae*, *A. petroselini*, *A. selini*, *A. smyrnii*, *A. alternata*, *A. longipes* and *A. burnsii* as pathogens of Apiaceae plants, as well as their full current names and synonyms, taxonomic position, distribution and symptoms these pathogens cause to their host plants, as well as their biology and mode of transmission and spread, with special emphasis on control measures.

**Key words:** plants of the Apiaceae family, *Alternaria* spp., control measures