

**Dario IVIĆ**

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu Zagreb, Centar za zaštitu bilja  
dario.ivic@haph.hr

## FUZARIJSKA VENUĆA TIKVENJAČA

### SAŽETAK

Fuzarijska venuća tikvenjača uzrokuju specijalizirane forme gljive *Fusarium oxysporum*. Među njima, venuće dinje (*F. oxysporum* f. sp. *melonis*) i venuće lubenice (*F. oxysporum* f. sp. *niveum*) potencijalno su vrlo štetne i mogu uzrokovati velike gubitke u proizvodnji. Osim spomenutih venuća, na krastavcu se javlja i ono koje uzrokuje *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. U članku su ukratko opisane simptomatologija i biologija fuzarijskog venuća krastavca, dinje i tikve, uz osvrt na mjere zaštite.

**Ključne riječi:** dinja, lubenica, krastavac, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*

### UVOD

Na povrćarskim kulturama iz skupine tikvenjača javlja se nekoliko bolesti koje se nazivaju „venućima“. Patogeni uzročnici tih bolesti razvijaju se u ksilemskom provodnom tkivu biljaka, dovode do začepjenja traheja i uzrokuju blaže ili jače izražene simptome venuća. Među tim bolestima dvije su traheomikoze, fuzarijsko venuće koje uzrokuje vrsta *Fusarium oxysporum* te verticilijsko venuće koje uzrokuju vrste *Verticillium dahliae* i *V. albo-atrum*. Osim spomenutih gljiva, na tikvenjačama se javlja i traheobakterioza koju uzrokuje bakterija *Erwinia tracheiphila*, koja se javlja uglavnom u Sjevernoj Americi.

Među spomenutim bolestima, fuzarijsko se venuće (*F. oxysporum*) smatra najvažnijom i gospodarski najštetnijom bolesti. Bolest se javlja na krastavcima, dinji i lubenici. Različite vrste tikvenjača napadaju različite specijalizirane forme (*formae speciales*) gljive *F. oxysporum*. Krastavac napada *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, dinju *F. oxysporum* f. sp. *melonis*, a lubenicu *F. oxysporum* f. sp. *niveum*. Fuzarijsko venuće krastavca javlja se rijetko i sporadično. Nasuprot tome, uzročnici fuzarijskog venuća dinje i lubenice vrlo su rašireni i predstavljaju stalni potencijalni rizik u uzgoju tih kultura. U Hrvatskoj su zabilježeni slučajevi jakih pojava bolesti na dinjama i lubenicama i visokih šteta u proizvodnji (Cvjetković, 2004.).

Osim venuća koje uzrokuje *F. oxysporum*, na tikvenjačama se može javiti i spomenuto verticilijsko venuće (*V. dahliae* i *V. albo-atrum*). Za razliku od fuzarijskog venuća, verticilijsko venuće krastavca i dinje javlja se rijetko i sporadično, simptomi su u pravilu blaži i štete uglavnom male ili zanemarive.

Kod biljaka krastavaca i dinje uočen je oporavak zaraženih biljaka u povoljnim uvjetima za rast (Blanchard i sur., 1994).

## SIMPTOMI

Simptomi bolesti, epidemiologija i mjere zaštite od fuzarijskog venuća krastavca, dinje i lubenice vrlo su slični. Prvi znakovi zaraze javljaju se u vidu gubitka turgora starijih listova. Gubitak turgora najbolje se uočava za najtoplijeg dijela dana, a izraženiji je što su temperature više. Kao i kod većine bolesti provodnog tkiva biljaka, padom temperature preko večeri ili noći listovi se mogu naoko oporaviti. Nakon određenog je vremena gubitak turgora nepovratan. Vrhovi vitica počinju nekrotizirati, a listovi žutjeti. Nedugo nakon žućenja, listovi također počinju nekrotizirati i potpuno se osuše (Slika 1). Takvi simptomi nerijetko se javljaju na samo jednom dijelu biljke ili na pojedinačnim viticama (vriježama). Karakteristična pojava koja se javlja kod fuzarijskog venuća krastavca, dinje i lubenice je uzdužna nekroza stabljike samo na jednoj polovici, dočim druga polovica ostaje zelena. Na dijelu koji je nekrotizirao stabljika može biti spljoštena. Unutarnji su simptomi fuzarijskog venuća krastavaca, dinje i lubenice karakteristični. Na uzdužnom ili poprečnom presjeku stabljike zaraženih biljaka jasno je vidljiva žuto-smeđa boja provodnog prstena, koja je obično tamnija što se stabljika prereže bliže korijenu. U kasnijim fazama razvoja bolesti provodno tkivo u unutrašnjosti stabljike postaje spužvasto i smeđe. Karakterističan je znak fuzarijskog venuća dinje i lubenice pojava gumastih eksudata koji nerijetko izlaze na podnožju stabljike kao reakcija biljke na začepljenje provodnih snopova (Slika 2). Gumasti eksudati na zraku brzo potamne i postaju smeđi.



Slika 1. Venuće dinje (snimio: M. P. Kopešić)



**Slika 2.** Gumasti eksudati na stabljici dinje zahvaćene fuzarijskim venućem (snimio: M. P. Kopešić)

Jačina simptoma ovisi o više čimbenika, među kojima su najvažniji: osjetljivost domaćina, virulentnost uzročnika, vrijeme zaraze i količina inokula u tlu. U slučaju ranih zaraza, osjetljiva kultivara, virulentnih fenotipova uzročnika i visokog inokula u tlu zaražene biljke mogu vrlo brzo potpuno propasti. U drugim slučajevima dolazi do usporavanja ili zastoja u razvoju plodova. Katkad se na zaraženim biljkama mogu razviti plodovi normalne veličine ili oblika, ali sadrže manje šećera i suhe tvari, te mogu biti osjetno drugačijeg okusa od plodova s nezaraženih biljaka.

## BIOLOGIJA

Gljiva uzročnik bolesti, *F. oxysporum*, vrlo je heterogena i varijabilna vrsta koja se javlja u vidu mnogobrojnih nepatogenih, saprofitskih biotipova i visoko specijaliziranih patogena (Gordon i Martyn, 1997.). Specijalizirane patogene forme koje napadaju krastavac, dinju ili lubenicu evolucijski i genski su vezane uz svoje domaćine i praktično ne napadaju druge biljne vrste. Uz specijalizaciju za biljku domaćina, specijalizirane forme *F. oxysporum* koje napadaju krastavac, dinju ili lubenicu javljaju se i u vidu rasa, koje su određene na temelju mogućnosti da zaraze određeni kultivar (Armstrong i Armstrong, 1978.). Odnos između pojedine rase i kultivara objašnjava se klasičnim „gen-za-gen“ odnosom i prepoznavanju domaćina i patogena biokemijskom komunikacijom. Raširenost pojedinih rasa ima veliko praktično značenje i osobito je važno u selekciji otpornih kultivara. Do sada su utvrđene četiri rase *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (rase 0, 1, 2 i 3), od kojih je rasa 0 najčešća, a rasa 2 najvirulentnija (Armstrong i Armstrong, 1978.; Everts i Himmelstein, 2016.). Četiri rase utvrđene su i za patogena dinje, *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (rase 0, 1, 1-2 i 3), među kojima su rase 0 i 1 najčešće (Risser i sur., 1976.; Armstrong i Armstrong, 1978.).

*F. oxysporum* stanovnik je tla, u kojemu živi u vidu trajnih hlamidospora i micelija na kojemu stvara dva tipa spora, mikrokonidije i makrokonidije.

Patogene forme *F. oxysporum* koje napadaju tikvenjače mogu se razvijati na biljnim ostatcima u tlu i mogu biti kompetitivni saprofiti u tlu, a odlikuju se mogućnošću višegodišnjeg preživljavanja u vidu hlamidospora (Cvjetković, 2004.). Zabilježen je podatak da hlamidospore *F. oxysporum* f. sp. *niveum* u tlu mogu preživjeti do 16 godina (Everts i Himmelstein, 2015.). Razvoju i preživljavanju *F. oxysporum* pogoduju lagana i blago kisela tla.

*F. oxysporum* može se prenositi sjemenom krastavca, dinje ili lubenice, no obično u niskom postotku (Cvjetković, 2004.). Smatra se da je važnost prijenosa parazita sjemenom mala (Blanchard i sur., 1994.).

Do zaraze krastavca, dinje ili lubenice dolazi kroz korijen, čiju koru probija hifa na miceliju aktiviranu iz hlamidospora u tlu. Iz korijena gljiva širi se u ksilem koji prorasta micelij s obilatim sporulacijom. Spore se raznose po ksilemu i gljiva se širi unutar biljke. Tipično za traheomikoze, u zaraženih se biljaka javlja obrambena reakcija u vidu tiloza, tvorevina parenhimskog staničja ksilema kojima se zahvaćeni ksilem nastoji začepiti kako bi se ograničilo širenje patogena. Kada se tiloze stvore brzo, širenje patogena unutar ksilema može biti učinkovito zaustavljeno. Ako je kultivar osjetljiv, tiloze se stvaraju sporije i ne zaustavljaju gljivu, ali začepljuju provodne snopove. Osim toga, patogen razara parenhim ksilemskih stanica i dovodi do pojave gumastih spojeva koji dodatno začepljuju provodne snopove. Cijelo vrijeme razvoja bolesti *F. oxysporum* živi u provodnom staničju. Tek nakon kolapsa biljke kolonizira odumrle biljne dijelove i na njima stvara obilje micelija, spora i hlamidospora. Hlamidospore biljnim ostatcima dospijevaju u tlo i postaju inokul u sljedećim sezonama.

Optimalne temperature za zarazu i razvoj fuzarijskog venuća dinje su između 18 i 20°C, a za fuzarijsko venuće lubenice oko 25°C (Blanchard i sur., 1994.). Bez obzira na to, razvoj simptoma najizraženiji je pri višim temperaturama, kada je transpiracija visoka, a biljka ne može crpiti dovoljno vode kroz začepljene provodne snopove. Kao i kod mnogih bolesti koje napadaju iz tla, utvrđeno je da je jačina pojave fuzarijskog venuća povezana s količinom inokula u tlu (Martin i McLaughlin, 1983.). Zhou i Everts (2004.) na istraživanjima su poljima lubenice utvrdili da je minimalna količina inokula *F. oxysporum* f. sp. *niveum* da izazove venuće 166 CFU (*colony forming unit*)/g tla, a 367 CFU izazivalo je venuće 50% biljaka.

## ZAŠTITA

Fuzarijsko venuće bolest je koja napada iz tla. Kao i u gotovo svih takvih bolesti, izravne mjere suzbijanja fuzarijskog venuća kemijskim sredstvima slabo su učinkovite ili skupe i štetne za okoliš. Fumigacija tla danas se češće provodi uglavnom u Sjevernoj Americi, a u Europi su njene mogućnosti ograničene. Od sredstava odobrenih u Europskoj uniji moguće je provesti sterilizaciju tla u svrhu suzbijanja *F. oxysporum* sredstvima na osnovi dazometa ili metam-

natrija. U suvremenoj poljoprivredi u praksu sve više ulaze pripravci na osnovi antagonističkih bakterija ili gljiva, koje stimuliraju rast korijena, induciraju mehanizme otpornosti u biljkama ili štite rizosferu od ulaza štetnih organizama. U suzbijanju *F. oxysporum* na dinji ili lubenici učinkovitima su se pokazale *Trichoderma* vrste (Tuão Gava i Pinto, 2016.), *Penicillium oxalicum* (De Cal i sur., 2009.), *Pseudomonas putida* (Bora i sur., 2004.), *Bacillus* spp. (Zhao i sur., 2016.; Khan i sur., 2017.), nepatogeni mutanti *F. oxysporum* (Freeman i sur., 2002.) i drugi mikroorganizmi ili njihovi metaboliti. Velik broj bioloških sredstava ili „ojačivača“ danas je dostupan na tržištu. Međutim, problem je kod uporabe bioloških sredstava relativna neizvjesnost njihova učinka. Učinak takvih sredstava na fuzarijska venuća tikvenjača može biti vrlo dobar, no takva sredstva u načelu ne prolaze postupak odobrenja registracije kojim bi se jamčila njihova učinkovitost protiv ciljanog patogena s propisanim načinom primjene.

Izravna primjena ili obogaćivanje tla mikroorganizmima povezano je s tzv. tlima koja ne podržavaju razvoj patogena (*disease-suppressive soil*). Usmjeravanje biološke aktivnosti tla s ciljem stvaranja takvog tla istraživano je u slučaju fuzarijskog venuća lubenica ili dinja (Everts i Himmelstein, 2015.; Larkin i sur., 1996.). Iako se tako može postići visoka učinkovitost u sprječavanju fuzarijskog venuća, takvi su postupci uglavnom zahtjevni, dugoročni i zahtijevaju stručno znanje. Slično je s usjevima ili međususjevima biljaka za koje je utvrđeno da potiskuju razvoj patogena u tlu. Iako postoje brojni rezultati takvih pokusa (Everts i Himmelstein, 2015.), ta je praksa zaživjela uglavnom samo u nekim područjima gdje se lubenica ili dinja uzgajaju u monokulturi.

Najučinkovitiji, najpraktičniji i najmasovnije korišteni načini zaštite od fuzarijskog venuća krastavca, dinje i lubenice svakako su uzgoj otpornih kultivara i cijepljenje biljaka. Otporni kultivari i cijepljenje tikvenjača danas se široko koriste u intenzivnoj proizvodnji tih kultura u Hrvatskoj, što je rezultat naglog povećanja ponude suvremenih visokorodnih i robusnih hibrida tikvenjača i podloga za cijepljenje koje nude velike sjemenske kuće. Selekcijom i razvojem suvremenih hibrida i cijepljenjem na otporne podloge uvelike je riješen problem fuzarijskih venuća dinje i lubenice. Većina kultivara dinje i lubenice danas posjeduje visoku razinu otpornosti prema fuzarijskim venućima. Kod opisa kultivara takva otpornost uglavnom se izražava kao „HR“ (*high resistance*, visoka otpornost), a katkad „IR“ (*intermediate resistance*, srednja otpornost), pri čemu se navodi kratica imena patogena i rase na koje je hibrid ili sorta otporan ili otporna. Primjerice, za hibride lubenice može se navesti „HR: Fon O,1“, što znači da je hibrid visoko otporan na *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, na rase 0 i 1. U područjima intenzivnog uzgoja lubenice ili dinje, uskog plodoređa ili područja gdje je poznato da se javlja fuzarijsko venuće preporučljivo je birati hibride s visokom otpornošću.

Cijepljenje krastavaca, dinje ili lubenice na posebno selekcionirane podloge praksa je koja je označila gotovo revolucionaran praktičan pristup u zaštiti od mnogobrojnih bolesti korijena ili nematoda na tikvenjačama. Za podloge lubenice koriste se selekcije tikvenjače *Lagenaria siceraria* ili križanci bundeve i tikvice (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*), a dinja se može cijepiti na tikvu, križance različitih *Cucurbita* vrsta ili na tikvenjaču *Benincasa hispida*. Izbor podloge ovisi o tipu tla ili uvjetima uzgoja. Podloge na koje se cijepe dinja i lubenice nisu domaćini *F. oxysporum* i potpuno su otporne, a njihova je vrijednost i u tome što utječu na bolji vigor biljaka i mogu same po sebi imati pozitivan učinak na prinos (Everts i Himmelstein, 2015.).

## FUSARIUM WILTS OF CUCURBITS

### SUMMARY

Fusarium wilts of cucurbits are caused by specialized forms of the fungus *Fusarium oxysporum*. Among these diseases, Fusarium wilt of melon (*F. oxysporum* f. sp. *melonis*) and watermelon (*F. oxysporum* f. sp. *niveum*) are economically the most important, with the potential to cause high yield losses. Beside wilts of melon and on watermelon, similar disease is also described on cucumber (*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*). Symptomatology, biology and control of Fusarium wilts are briefly described in the article.

**Key words:** melon, watermelon, cucumber, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*

### LITERATURA

**Armstrong, G. M., Armstrong, J. K. (1978.).** Formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* causing wilts of the Cucurbitaceae. *Phytopathology*, 68, 19-28.

**Blanchard, D., Lecoq, H., Pitrat, M. (1994.).** A Colour Atlas of Cucurbit Diseases, Observation, Identification and Control. Manson Publishing Ltd, London, Velika Britanija.

**Bora, T., Özaktan, H., Göre, E., Aslan, E. (2004.).** Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* by wettable powder formulations of the two strains of *Pseudomonas putida*. *Journal of Phytopathology*, 152, 471-475.

**Cvjetković, B. (2004.).** Bolesti krastavca, dinje i lubenice. U: Štetočinje povrća. Maceljčki, M., Cvjetković, B., Ostojić, Z., Igrc Barčić, J., Pagliarini, N., Oštrec, Lj., Barić, K., Čizmić, I. (ur.). Zrinski, Čakovec, 281-292.

**De Cal, A., Szejnberg, A., Sabuquillo, P., Melgarejo, P. (2009.).** Management of Fusarium wilt on melon and watermelon by *Penicillium oxalicum*. *Biological Control*, 51, 480-486.

**Everts, K. L., Himmelstein, J. C. (2015.).** Fusarium wilt of watermelon: Towards sustainable management of a re-emerging plant disease. *Crop Protection*, 73, 93-99.

**Freeman, S., Zveibil, A., Vintal, H., Maymon, M. (2002.).** Isolation of

nonpathogenic mutants of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* for biological control of Fusarium wilt in cucurbits. *Phytopathology*, 92, 165-168.

**Gordon, T. R., Martyn, R. D. (1997.).** The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*, 35, 111-128.

**Khan, N., Maymon, M., Hirsch, A. M. (2017.).** Combating *Fusarium* infection using *Bacillus*-based antimicrobials. *Microorganisms*, 5, 75.

**Larkin, R. P., Hopkins, D. L., Martin, F. N. (1996.).** Suppression of Fusarium wilt of watermelon by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil. *Phytopathology*, 86, 812-819.

**Martin, R. D., McLaughlin, R. J. (1983.).** Effects of inoculum concentration on the apparent resistance of watermelons to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. *Plant Disease*, 67, 493-495.

**Risser, G., Banihashemi, Z., Davis, D. W. (1976.).** A proposed nomenclature of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* races and resistance gene *sin Cucumis melo*. *Phytopathology*, 66, 1105-1106.

**Tuão Gava, C., Pinto, J. M. (2016.).** Biocontrol of meon wilt caused by *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *melonis* using seed treatment with *Trichoderma* spp. and liquid compost. *Biological Control*, 97, 13-20.

**Zhao, Q., Mei, X., Xu, Y. (2016.).** isolation and identification of antifungal compounds produced by *Bacillus* Y-IVI for suppressing Fusarium wilt of muskmelon. *Plant Protection Science*, 52, 167-175.

**Zhou, X. G., Everts, K. L. (2004.).** Suppression of Fusarium wilt of watermelon by soil amendment with hairy vetch. *Plant Disease*, 88, 1357-1365.

**Stručni rad**