

Što učiniti za ublažavanje rizika od mraza

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Uzgajivači voća suočavaju se već više godina s gubitkom dijela, pa čak i cijelog roda uslijed sve češće pojave kasnoproletnog mraza. Budući da proizvodnja voća na razini EU čini 15-20 milijardi €/god., štete su od kasnoproletnog mraza goleme. Zbog toga je aktualna tema kako smanjiti rizik i koju strategiju je najbolje primijeniti za ublažavanje izmrzavanja voćnjaka u cvatnji, budući je mraz jedan od glavnih vremenskih rizika za voćare i povrćare. Oštećenja mrazom mogu se dogoditi u bilo kojem, osobito procvjetalom voćnjaku, ali obično su jača na pozicijama s ravnom topografijom ili u nižim područjima voćnjaka i tzv., mraznim džepovima kad različite prepreke strujanju zraka (nasipi, živice, šuma, vjetrozaštitni pojasevi, zgrade i dr.) sprečavaju otjecanje hladnog zraka (tzv. zračna drenaža).

Kad temperature padnu na $\leq 0^{\circ}\text{C}$ (ovog proljeća i na -8°C) dolazi do smrzavanja i nakon toga do oštećenja pa zatim nekroze reproduktivnih dijelova cvijeta, naročito tučka i plodnice te nemogućnosti oplodnje. Ako dođe do smrzavanja muških reproduktivnih organa (prašnici i pelud), oprašivanje je moguće pomoću peludi drugih, neoštećenih cvjetova (s istog ili drugih stabala) koji su preživjeli smrzavanje. Oštećenje mrazom tek formiranih mladih plodova također je moguće što uzrokuje deformaciju ploda, ali i lišća što kasnije utječe na ishranu plodova, odnosno folijarnu prihranu, učinak hormona (regulatora) rasta, primjenu pesticida i konačno visinu prinosa i kakvoću roda.

Općenito, dvije su vrste mraza: *advektivno zamrzavanje* (horizontalno pomicanje mase hladnog zraka, obično iznad 8 km/h, odnosno prijenos topline i vlage u atmosferi u vodoravnom smjeru za vjetrovitog vremena što biljkama, ovisno o brzini vjetra, snižava temperaturu) i *radijacijski mraz* (lokalni pad temperature zbog isijavanja topline tla i biljaka, uglavnom pred svitanje i za vedrog vremena). Pri pojavi radijacijskog mraza hladniji, teži zrak, debljine 9-60 m, pomjera se prema nižim dijelovima terena brzinom od 1,5-6,0 km/h (ovisno od nagiba, smjera redova voćaka i ako ne postoje prepreke strujanju zraka). U svim slučajevima pojave mraza, oba tipa pojavljuju se zajedno, ali se mraz klasificira prema svojim dominantnim obilježjima. Zaštitu od advektivnih (vjetrovitih) smrzavanja puno je teže postići u odnosu na zaštitu od radijacijskog mraza.

Šteta od mraza javlja se u dva moguća scenarija:

- a) Nakon blage zime i rane pojave toplog vremena što uzrokuje prerani razvoj pupova ili
- b) Pojave niskih temperatura i smrzavanja u kasno proljeće, nakon otvaranja cvjetova.

Neke voćne vrste mogu biti osjetljiviji na mraz prije cvatnje, npr. trešnje, dok su druge vrste osjetljivije na pojavu mraza tek nakon otvaranja cvjetova. Oštećenja od mraza u voćnjacima mogu nastati i tijekom jako hladnih zima, koje se na sreću, s promjenom klime, gotovo više i ne događaju (eventualno u brdsko planinskom području) ili osciliranjem zimskih temperatura tijekom sezone mirovanja.

Više strategija mogu pomoći u izbjegavanju ili smanjenju oštećenja voćnjaka mrazom, ali niti jedna nije 100 % učinkovita pa je mudro osloniti se na njihovu kombinaciju i tako smanjiti što više rizik od izmrzavanja:

- Osiguranje proizvodnje prije cvatnje može pokriti barem dio troškova, ali nikad sve,
- Zasnivanje voćnjaka na pozicijama koja su manje izložena mrazu i uklanjanje prepreka koje mogu formirati mrazne džepove je dobra pasivna metoda sprječavanja šteta od *radijacijskog mraza*, kao izbor sorti koje kasnije cvjetaju, a duljina vegetacijske sezone je dovoljne za njihovo dozrijevanje. Pasivne metode su uglavnom znatno jeftinije od aktivnih,
- Korištenje aktivnih metoda (zagrijavanje voćnjaka, miješanje hladnijeg i toplijeg zraka i očuvanje topline) kao što su ventilatorskih sustava (Slika 1.) koji topliji i lakši zrak miješaju s prizemnim hladnim zrakom i tako sprječavaju smrzavanje. Miješanje toplijeg i hladnijeg zraka moguće je samo kada je prisutna *toplinska inverzija* uz dovoljnu vertikalnu temperaturnu razliku i kad nema vjetra (bržeg od 8 km/h,

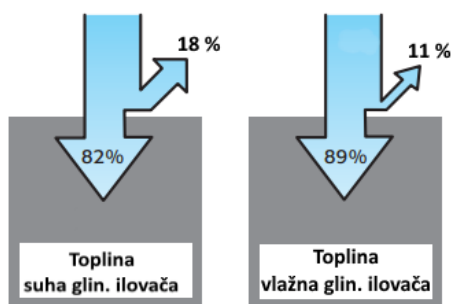
odnosno 2 m/sec). Ispuhivanje hladnog zraka prema gore pokušava se podići temperatura u krošnjama i spriječiti kristalizacija leda unutar cvjetova. U takvim okolnostima pomažu i grijači (postavljeni u nizu duž redova voćaka, ili otvorene vatre), a njihova primjena uglavnom je ograničena na manje voćnjake (ventilatori troše ~20 puta manje energije/goriva u odnosu na grijače). [Navedene aktivne metode bolje rade kad je prisutna temperaturna inverzija \(najmanje 1,5°C između 2 i 10 m visine\) i kad nema vjetra,](#)



Slika 1. [Ventilatorski sustav za voćnjake](#)

- Zadimljavanje voćnjaka spaljivanjem tvari koje proizvode puno dima (npr. sijeno, piljevina, stare gume, gorivo i dr.) može spriječiti stvaranje mraza podizanjem temperature, ali tek za nekoliko stupnjeva. U posljednje vrijeme pokušavaju se primijeniti slične, ali suvremenije strategije koje se oslanjaju na zamagljavanje, navodnjavanje ([toplinski kapacitet vode znatno je viši u odnosu na tlo: 4200 J/kg °C, suho tlo 800 J/kg °C, a vlažno 1480 J/kg °C](#)) (Slika 2.), pa čak i na prekrivanje biljaka tvarima koje će spriječiti smrzavanje (što može kasnije jako smanjiti intenzitet fotosinteze),
- Korištenje prskalica koje orošavaju cvijet vodom i omogućuju obrazovanje leda, najčešća je aktivna metoda uz najmanju potrošnju energije, a pruža izvrsnu zaštitu od mraza do približno -7°C, kad su količine vode dovoljne, a nanošenje jednoliko i neprestano za vrijeme rizika od mraza. Naime, [voda dok se smrzava oslobađa male, ali dovoljne količine tzv. latentne topline što je često dovoljno da spriječi smrzavanje cvijeta \(latentna toplina smrzavanja vode na 0°C oslobađa +79,7 cal/g vode, a hlađenje leda od 0°C do -5°C oslobađa +2,5 cal/g vode\)](#). Tehnika orošavanja je često dovoljno učinkovita, [a prskalice se tijekom vegetacije mogu koristiti za irigaciju, fertigaciju i kemigaciju](#). Primjena prskalica zahtijeva veliku početnu investiciju i velike rezerve vode jer se orošavanje ne smije prekinuti prije pojave pozitivne temperature (obično nakon izlaska Sunca) koja će otopiti led. Također, težina leda može polomiti mlađe i slabije grane. Primjena prskalica je dobar kandidat strategije zaštite voćnjak kod pojave hladnih fronti, odnosno duljeg perioda niskih temperatura, jer se sustav može koristiti za navodnjavanje, ishranu i zaštitu voćnjaka. [Kad je temperatura niža od -7°C uz jak vjetar, ova metoda može nanijeti više štete od neštićenog voćnjaka.](#)
- Moguće je kombinirati više načina zaštite od mraza u voćnjacima, npr. primjena niskih prskalica ispod krošnji s ventilatorima, navodnjavanje ili grijanje s ventilatorima, visoko postavljene prskalice i grijači i dr., ali potpuna zaštita od mraza na otvorenim prostorima nikad nije 100% učinkovita.

Tlo	Uvjeti u tlu	Albedo
Glinasta ilovača	vlažno	0,11
Glinasta ilovača	suho	0,18



Slika 2. [Suho tlo reflektira više, a apsorbira manje sunčevog zračenja od mokrog tla te stoga apsorbira manje topline.](#)

Sustavi zaštite od smrzavanja moraju moći zadržati temperaturu reproduktivnih organa, ali i drugih biljnih tkiva iznad njihovih *kritičnih temperatura* (temperatura pri kojoj se tkiva trajno oštete smrzavanjem) koja znatno varira ovisno o biljnoj vrsti, kultivaru, etapi organogeneze i adaptaciji na niske temperature. Biljna tkiva hlade se brzinom koja ovisi o temperaturnoj razlici između biljke i njenog okruženja, a šteta nastaje uvijek kad se u biljnim tkivima formira led, bez obzira na dužinu njegovog zadržavanja. Kako god, voćke ne spadaju u grupu *psihrofilnih* biljnih vrsta (tolerantne na niske temperature), niti u grupu *poikilohidri* (regenerirajuće biljke).

[Formiranje leda u intercelularnim prostorima dehidrira stanice uz porast koncentracije topljivih tvari, npr. anorganskih soli, šećera,](#)

[organskih kiselina i aminokiselina](#) pa, osim oštećenja tkiva, visoka koncentracija elektrolita dovodi do *ireverzibilne inaktivacije membrana*, ponekad i iznad 0°C. Ako temperatura zraka iznenada padne nekoliko

stupnjeva, čak i kratkotrajno, biljna tkiva se mogu brzo ohladiti ispod kritične temperature i može doći do tzv. *hladnih ozljeda*. Obzirom na vrstu i sortu voća, kritične temperature moraju biti proizvođačima poznate za cijeli period vegetacije što je preduvjet za dobro upravljanje rizikom od mraza.

Provjereno i znanstveno je testirano više modela različitih tehnika borbe protiv smrzavanja. Npr., primjena različitih folijarnih sprejeva cinka, *regulatora rasta* (*hormona*, najčešće *giberelina* i *Promalina*), *krioprotektanata* (*zaštitni proteini* ili tzv., *antifriz proteini* ili *AFP*), neke aminokiseline, npr. *prolin*, *treonin*, *alanin*, pojedine *acetatne soli*, *sprejeva s bakterijama* (npr. *Pseudomonas syringea*, *Erwinia herbicola* i dr.) koje onemogućuju nastanak ledenih kristala zbog sprječavanja *nukleacije leda* (formiranje jezgri kristalizacije leda) itd. Također, može pomoći poticanje *vitrifikacije* (pretvaranje vode u nekristalno stanje) primjenom *aminokiselina*, *glicerina* i nekih šećera tako da ne nastaju centri kristalizacije leda, posebice ako niske temperature djeluju kraće vrijeme, npr. samo prije zore. Međutim, potrebno je jasno naglasiti kako je učinak svih tih tehnika u sprječavanju smrzavanja promjenjiv i nesiguran.

Proizvodi kao što su [Cropaid Natural Plant Antifreeze](#) (sadrži bakterije iz roda *Thiobacillus* koji potiče sintezu zaštitnog proteina *rusticijanina*, *oksalactene* i *pirogroždane kiseline* te još neke minerale), [Promalin \(smjesa dvaju prirodnih stimulatora rasta: giberelinske kiseline, GA4 + GA7 koje uzrokuju izduživanje i rast stanica i 6-benziladenina, 6-BA koji potiče diobu stanica\)](#) i dr. mogu pospješiti formiranje *partenokarpnih plodova* (formirani bez oplodnje i bez sjemenki), ali puni rod nakon izmrzavanja cvijeta vrlo vjerojatno neće biti ostvaren, a plodovi bez sjemenki imaju ograničeni rok trajanja pa troškove tretiranja treba pažljivo razmotriti.

[Svaka biljna vrsta može biti zaštićena od smrzavanja ukoliko je to ekonomski opravdano pa je izbor načina zaštite od mraza je prvenstveno pitanje ekonomije.](#) Najbolji i najskuplji sustavi zaštite od hladnoće su zaštićeni prostori, staklenici i plastenici s grijanjem, ali se oni ne mogu primijeniti na veće površine, npr. voćnjake i vinograde. Dakle, izbor strategije za sprječavanje štete od mraza mora biti uravnotežene s procjenom rizika, troškovima investicije i održavanja izabranog sustava, uključujući visinu gubitka koja mora uključiti i moguća dugoročna oštećenja stabala voćaka odnosno vinove loze. [Stoga pitanje gdje, kada i kako zaštititi biljke od hladnoće mora rješavati svaki uzgajivač nakon razmatranja vrijednosti proizvodnje, potrebnih troškova i tipa zaštite. Ne postoji savršena metoda za zaštitu biljaka od niskih temperatura, ali su uspješni programi zaštite od smrzavanja uvijek kombinacija pasivnih i aktivnih mjera.](#) Zapravo, najbolja tehnika zaštite od smrzavanja je selekcija i uzgoj tolerantnih biljnih vrsta i kultivara. Također, dobro osmišljen i kalibriran monitoring mraza može puno pomoći (elektronski sustavi praćenja i ranog upozoravanja od mogućnosti pojave mraza s dobro raspoređenim senzorima temperature), a informacije o mikroklimi prikupljene prije i nakon zasnivanja voćnjaka ili vinograda mogu pomoći uzgajivaču da odabere mjesto, vrstu i kapacitet zaštitne opreme.

U Osijeku, 20. travnja 2021. god.