

Utjecaj visokih temperatura na razvoj bolesti i neprijatelja kultiviranih biljaka

Автор(и): гл. ас. д-р Мария Христозова, Институт по овощарство – Пловдив, Селскостопанска академия – София; гл.ас. д-р Дияна Александрова, Институт по овощарство – Пловдив, ССА

Дата: 25.07.2025 *Брой:* 7/2025



Sažetak

Tijekom posljednjeg desetljeća zabilježen je trajan trend porasta prosječnih godišnjih temperatura na globalnoj razini. To značajno utječe na poljoprivrednu proizvodnju, uključujući fiziologiju kultiviranih biljaka, agronomске prakse i stabilnost prinosa. Povišene temperature bitno utječu na dinamiku razvoja, rasprostranjenost i biologiju brojnih ekonomski važnih bolesti i štetnika, stvarajući nove izazove za zaštitu bilja i održivo upravljanje agroekosustavima.

Brojne studije potvrđuju da visoke temperature istovremeno utječu na patogene, štetnike i otpornost biljaka, dovodeći do pomaka u tradicionalnim razvojnim ciklusima, povećanja infekcijskog pritiska i prilagodbe patogenih mikroorganizama. Stres uzrokovan visokim temperaturama ima širok spektar učinaka na biljke u pogledu njihove fiziologije i biokemije. Najčešće se fiziološke ozljede u kultiviranim biljkama kao posljedica visokih temperatura izražavaju u oparu lišća i stabljika, preranom opadanju lišća, potisnutom rastu mladih izdanaka te deformaciji ili pobačaju plodova. Ove promjene dovode do znatnog smanjenja fotosintetske aktivnosti, poremećaja vodnog bilansa i, u konačnici, do smanjenja prinosa i pogoršanja kvalitete proizvoda. Kod nekih vrsta također se opaža ubrzano starenje tkiva, poremećeno oprašivanje, kao i povećana osjetljivost na patogene i abiotičke čimbenike stresa.



Oštećenje maline uzrokovano visokim temperaturama

Pod utjecajem temperaturnog stresa, voćne kulture prolaze kroz značajne biokemijske promjene koje utječu i na primarni metabolizam i na sintezu zaštitnih spojeva. Među najčešćim reakcijama je povećano nakupljanje **reaktivnih kisikovih vrsta**, koje induciraju **oksidativni stres** u stanicama (Mittler, 2002). To aktivira enzimske antioksidativne sustave usmjerene na detoksikaciju i stabilizaciju integriteta membrana (Hasanuzzaman i sur., 2013). Osim toga, opaža se povećana sinteza **osmoprotektivnih tvari** poput prolina, šećera i glicerola, koje podržavaju zadržavanje vode i štite proteine od denaturacije (Wahid i sur., 2007). Temperaturni stres također

inhibira aktivnost ključnih enzima povezanih s fotosintezom, remeti metabolizam makronutrijenata (poput Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) i smanjuje sintezu klorofila, što dovodi do fotodegradacije (Camejo i sur., 2005).



Oštećenje šljive i lješnjaka uzrokovano visokim temperaturama

Tijekom produljenog stresa bilježi se nakupljanje **fenolnih spojeva, flavonoida i fitoaleksina**, koji imaju zaštitnu funkciju, uključujući antimikrobno djelovanje, ali često na račun rasta i plodonosnosti (Krasensky & Jonak, 2012). Intenzitet biokemijskog odgovora je specifičan za vrstu i sortu te ovisi o dobi biljke i prethodnim uvjetima uzgoja.

U žitaricama je utvrđeno da visoke temperature dovode do smanjenja aktivnosti enzima nitrat reduktaze, koji regulira metabolizam dušika. To snažno utječe i na sastav i na masu zrna (Paulsen, 1994).

Osim na biljke, visoke temperature utječu i na razvoj bolesti i štetnika.

Temperatura je jedan od glavnih čimbenika koji snažno utječu na rasprostranjenost i razvoj kukaca (Stange i Ayres, 2010). Kukci su poikilotermni organizmi, odnosno nemaju vlastitu konstantnu tjelesnu temperaturu. Poprimaju temperaturu okoline i ovise o njoj. Svi metabolički procesi odvijaju se unutar određenih temperaturnih granica. S porastom temperatura, većina vrsta kukaca počinje konzumirati veće količine hrane, njihov se razvoj ubrzava i postaju aktivniji, što zauzvrat utječe na njihov životni ciklus, veličinu populacije i geografsku

rasprostranjenost (Porter i sur., 1991). Neke vrste ne uspijevaju se prilagoditi višim temperaturama, što dovodi do usporenog razvoja i smanjenja njihovih populacija. S druge strane, postoje brojne vrste kukaca kojima više temperature pridonose bržoj razmnožavanju, povećanju broja generacija i većoj gustoći populacije (Bale i sur., 2002; Skendžić i sur., 2021). Na primjer, pri višoj temperaturi i većoj vlažnosti zraka populacije duhanske štitaste mušice (*Bemisia tabaci*) značajno rastu (Pathania i sur., 2020). U povrtnim kulturama, Reddy (2013) je opazio ubrzani razvoj u populacijama kupusne muhe (*Delia brassicae* W.), lukovine muhe (*Delia antiqua* M.), koloradskog krumpirovog žuka (*Leptinotarsa decemlineata* S.) i kukuruznog plamenca (*Ostrinia nubilalis* H.).

Kod voćnih vrsta, povećanje broja generacija opaža se kod jabukovača (*Cydia pomonella* L.) i voćnog crvenog paučnjaka (*Panonychus ulmi* Koch) (Porter i sur., 1991). Najpovoljnije temperature za razvoj kukaca su u rasponu između 10° i 30°C. Za pojedine razvojne stadije postoje različite optimalne temperature pri kojima fiziološki procesi teku najintenzivnije. Pri tim optimalnim temperaturama kukci žive najduže i pokazuju maksimalnu plodnost. Za svaku vrstu postoji takozvana donja i gornja temperaturna granica razvoja, odnosno najniža i najviša temperatura ispod i iznad koje se razvoj kukca usporava ili zaustavlja. Kada temperature porastu iznad gornje granice razvoja ili iznad 40°C, u mnogih kukaca opaža se letalni učinak. Pri tako visokim temperaturama uništavaju se enzimi i krvne stanice u tijelu kukca, što dovodi do njihove smrti. Na primjer, ličinke jabukovača (*Cydia pomonella* L.) ugibaju na temperaturi od 48°C (Tang i sur., 2000). Jaja gubara (*Lymantria dispar* L.) ne izliježu se pri temperaturama iznad 55°C (Hosking, 2001).

Temperatura značajno utječe na razvoj, virulenciju i epidemiologiju bolesti u kultiviranih biljaka. Za bakterijske bolesti, najpovoljniji uvjeti za infekciju i širenje su kombinacija visoke vlažnosti zraka i temperatura u rasponu od 20 do 30 °C (Pokhrel, 2021). Temperature izvan optimalnog raspona – i iznad i ispod – mogu značajno usporiti ili potpuno spriječiti razvoj bolesti suprimirajući razmnožavanje i pokretljivost patogena (Cohen & Leach, 2020). Gljivični patogeni također pokazuju temperaturnu ovisnost. Kod vinove loze, pepelnica (*Erysiphe necator*) najintenzivnije se razvija pri temperaturama između 21 °C i 30 °C, dok temperature iznad 34 °C uzrokuju smrt konidija (Delp, 1954).

Rastuće temperature igraju ključnu ulogu u regulaciji procesa sporulacije i razvoja infekcije gljivičnih patogena u voćnim kulturama. Studije pokazuju da kod fitopatogena iz roda *Monilinia*, odgovornih za smeđu trulež na plodovima, optimalna temperatura za sporulaciju konidija i infekciju je između 20–25 °C. Temperature ispod 10 °C ili iznad 25 °C suprimiraju normalno stvaranje spora i usporavaju kolonizaciju od strane gljivičnog patogena (Xu i sur., 2001). Studija provedena s fitopatogenom *Monilinia fructicola* ukazuje da se s porastom temperature do oko 25 °C skraćuje vrijeme potrebno za oslobađanje i klijanje askospora, dok se pri temperaturama većim od 30 °C sporulacija ograničava.

Studije pokazuju da bakterijski patogeni *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* i *Pseudomonas syringae* (uzročnici bakterijske raka u koštičavom voću) optimalno razvijaju pri temperaturama od 25–30 °C u kombinaciji s visokom vlagom i mogu zaraziti biljke u rasponu od 15 do 35 °C (Rojas i sur., 2017; Peetz i sur., 2009; West i sur., 2024). Modeli predviđanja pokazuju da maksimalna brzina rasta bakterija in vitro doseže najveću vrijednost oko 30 °C, dok se pri ≥ 35 °C značajno smanjuje (Rojas i sur., 2017).

S porastom prosječne godišnje temperature, postaje nužnom promjena određenih poljoprivrednih praksi. Kako bi se smanjila šteta i gubici uzrokovani štetnicima, potrebna je ranija i češća primjena insekticida.

Mnogi oplemenjivački programi usmjereni su na razvoj sorti koje su otporne ili tolerantne na bolesti, kao i na klimatske promjene. Na taj način ne samo da će se smanjiti uporaba pesticida, već će se povećati i otpornost biljaka na visoke temperature i sušu.

Promjene klimatskih uvjeta dovode do ranijeg početka vegetacijskih faza, češćih i produljenih toplinskih valova, kao i suša, što izravno utječe na fiziološki status stabala, fitopatogeni pritisak i ponašanje štetnika. U tom kontekstu, potrebno je preispitati agronomske i zaštitne prakse. Ranija pojava štetnika zahtijeva dinamičko planiranje zaštite bilja s naglaskom na praćenje, optimizaciju tretmana i uključivanje otpornih tehnologija. Kako bi se smanjila šteta od bolesti i štetnika, sve važniji postaju oplemenjivački programi usmjereni na razvoj sorti i podloga s otpornošću na ključne patogene i prilagodljivošću. Za održivu proizvodnju preporučuje se primjena agrotehničkih metoda poput malčiranja i korištenja pokrovnih usjeva, koji smanjuju isparavanje i održavaju vlagu u tlu.

Korištenje organskog malča, poput slame ili drvenih sječki oko baze stabala, čuva vlagu u tlu i smanjuje isparavanje tijekom najtoplijih razdoblja. Malč pomaže u suzbijanju rasta korova, čime stablima osigurava više resursa za suočavanje s vrućinom.



Mreže za zasjenjivanje

Zasjenjivanje je jedna od najučinkovitijih metoda za zaštitu voćnih