

A magas hőmérsékletek hatása a kultúrnövények betegségeinek és kártevőinek fejlődésére

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



Összefoglaló

Az elmúlt évtizedben tartós tendencia figyelhető meg az átlagos éves hőmérsékletek globális szintű emelkedésére. Ennek jelentős hatása van a mezőgazdasági termelésre, beleértve a termesztett növények élettanát, az agronómiai gyakorlatokat és a termésstabilitást. A magasabb hőmérsékletek jelentősen befolyásolják számos gazdaságilag fontos betegség és kártevő fejlődési dinamikáját, elterjedését és biológiáját, új kihívásokat teremtve a növényvédelem és az agro-ökológiai rendszerek fenntartható kezelése számára.

Számos tanulmány igazolja, hogy a magas hőmérsékletek egyidejűleg hatnak a kórokozókra, a kártevőkre és a növényi rezisztenciára, ami a hagyományos fejlődési ciklusok eltolódásához, a fertőzési nyomás növekedéséhez és a patogén mikroorganizmusok alkalmazkodásához vezet. A hőmérsékleti stressz széles spektrumú hatással van a növények élettanára és biokémiájára. A termesztett növényekben a magas hőmérséklet következtében fellépő élettani károsodások leggyakrabban a levelek és száruk perzselődésében, a korai levélhullásban, a fiatal hajtások növekedésének gátlásában, valamint a termések deformálódásában vagy elhullásában nyilvánulnak meg. Ezek a változások a fotoszintetikus aktivitás jelentős csökkenéséhez, a vízháztartás zavarához és végső soron a terméshozam csökkenéséhez és a termékminőség romlásához vezetnek. Egyes fajoknál felgyorsult szövetöregedést, a beporzás zavarát, valamint fokozott érzékenységet a kórokozók és abiotikus stressztényezőkkel szemben is megfigyeltek.



Magas hőmérséklet okozta károsodás málnában

A hőmérsékleti stressz hatására a gyümölcstermő növények jelentős biokémiai változásokon mennek keresztül, amelyek mind az elsődleges anyagcserét, mind a védővegyületek szintézisét érintik. A leggyakoribb reakciók közé tartozik a **reaktív oxigénfajták** fokozott felhalmozódása, amely **oxidatív stresszt** indukál a sejtekben (Mittler, 2002). Ez enzimes antioxidáns rendszereket aktivál, amelyek a méregtelenítés és a membránintegritás stabilizálása felé irányulnak (Hasanuzzaman et al., 2013). Ezen kívül megfigyelhető az **ozmoprotektív anyagok**, mint a prolin, cukrok és glicerol fokozott szintézise, amelyek a vízmegtartást segítik és megvédik a

fehérjéket a denaturációtól (Wahid et al., 2007). A hőmérsékleti stressz gátolja a fotoszintézissel kapcsolatos kulcsfontosságú enzimek aktivitását, megzavarja a makrotápanyagok (mint a Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) anyagcseréjét és csökkenti a klorofill szintézist, ami fotodegradációhoz vezet (Camejo et al., 2005).



Magas hőmérséklet okozta károsodás szilvában és mogyoróban

Hosszú ideig tartó stressz hatására **fenolos vegyületek, flavonoidok és fitoaalexinek** felhalmozódása figyelhető meg, amelyek védelmi funkcióval rendelkeznek, beleértve az antimikrobiális aktivitást, de gyakran a növekedés és a termés hozam rovására (Krasensky & Jonak, 2012). A biokémiai válasz intenzitása faj- és fajtaspecifikus, és függ a növény korától és a korábbi termesztési feltételektől.

A gabonanövényekben megállapították, hogy a magas hőmérsékletek a nitrát-reduktáz enzim aktivitásának csökkenéséhez vezetnek, amely a nitrogén-anyagcserét szabályozza. Ez erősen befolyásolja mind a szemek összetételét, mind a tömegüket (Paulsen, 1994).

A növényeken kívül a magas hőmérsékletek a betegségek és kártevők fejlődését is befolyásolják.

A hőmérséklet az egyik fő tényező, amely erősen befolyásolja a rovarok elterjedését és fejlődését (Stange és Ayres, 2010). A rovarok poikiloterm organizmusok, azaz nincs saját állandó testhőmérsékletük. Környezetük hőmérsékletét veszik fel és ettől függenek. Minden anyagcserés folyamat bizonyos hőmérsékleti határok között

zajlik. A hőmérséklet emelkedésével a legtöbb rovarfaj több táplálékot kezd el fogyasztani, felgyorsul a fejlődésük és aktívabbá válnak, ami viszont hatással van életciklusukra, populációméretükre és földrajzi elterjedésükre (Porter et al., 1991). Egyes fajok nem tudnak alkalmazkodni a magasabb hőmérsékletekhez, ami lassabb fejlődéshez és populációjuk csökkenéséhez vezet. Másrészt számos olyan rovarfaj létezik, amelyek számára a magasabb hőmérsékletek hozzájárulnak a gyorsabb szaporodáshoz, a generációk számának növekedéséhez és a populáció sűrűségének emelkedéséhez (Bale et al., 2002; Skendžić et al., 2021). Például magasabb hőmérsékleten és magasabb levegő páratartalom mellett a dohányfehérszárnyú (*Bemisia tabaci*) populációi jelentősen megnőnek (Pathania et al., 2020). A zöldségfélékben Reddy (2013) felgyorsult fejlődést figyelt meg a káposztalégy (*Delia brassicae* W.), a hagymalégy (*Delia antiqua* M.), a kolorádóbogár (*Leptinotarsa decemlineata* S.) és a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* H.) populációiban.

Gyümölcsfajokban a generációk számának növekedése figyelhető meg az almamolyban (*Cydia pomonella* L.) és a gyümölcsfapóknál (*Panonychus ulmi* Koch) (Porter et al., 1991). A rovarfejlődés számára legkedvezőbb hőmérsékletek 10° és 30°C között vannak. Az egyes fejlődési stádiumokhoz különböző optimális hőmérsékletek tartoznak, amelyek mellett az élettani folyamatok a legintenzívebben zajlanak. Ezek az optimális hőmérsékleteken élnek a legtovább a rovarok és mutatják a maximális szaporodóképességet. Minden faj számára létezik egy úgynevezett alsó és felső fejlődési hőmérsékleti küszöb, vagyis az a legalacsonyabb és legmagasabb hőmérséklet, amely alatt és felett a rovarfejlődés lelassul vagy megáll. Amikor a hőmérséklet meghaladja a felső fejlődési küszöböt vagy a 40°C-ot, sok rovarnál letális hatás figyelhető meg. Ilyen magas hőmérsékleteken a rovar testében lévő enzimek és vérsejtek pusztulnak el, ami a halálukhoz vezet. Például az almamoly (*Cydia pomonella* L.) lárvái 48°C-os hőmérsékleten elpusztulnak (Tang et al., 2000). A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) petéi 55°C feletti hőmérsékleten nem kelnek ki (Hosking, 2001).

A hőmérséklet jelentős hatással van a termesztett növények betegségeinek fejlődésére, virulenciájára és epidemiológiájára. A bakteriális betegségek számára a fertőzés és terjedés legkedvezőbb feltételei a magas levegő páratartalom és 20-30 °C közötti hőmérsékletek kombinációja (Pokhrel, 2021). Az optimális tartományon kívüli hőmérsékletek – mind az alacsonyabbak, mind a magasabbak – jelentősen lelassíthatják vagy teljesen megakadályozhatják a betegség kialakulását a kórokozók szaporodásának és mozgékonyságának gátlásával (Cohen & Leach, 2020). A gombás kórokozók is hőmérsékletfüggőek. A szőlőben a lisztharmat (*Erysiphe necator*) a legintenzívebben 21 °C és 30 °C közötti hőmérsékleten fejlődik, míg a 34 °C feletti hőmérsékletek a konídiumok elhalását okozzák (Delp, 1954).

Az emelkedő hőmérsékletek kulcsszerepet játszanak a gyümölcstermő növények gombás kórokozóinak sporulációjának és fertőzésfejlődésének szabályozásában. Tanulmányok azt mutatják, hogy a *Monilinia*

nemzetséghez tartozó fitopatogénekénél, amelyek a gyümölcsök barnarothadásáért felelősek, a konídium sporuláció és fertőzés optimális hőmérséklete 20–25 °C között van. A 10 °C alatti vagy 25 °C feletti hőmérsékletek gátolják a normális spóráképződést és lelassítják a gombás kórokozó kolonizációját (Xu et al., 2001). A *Monilinia fructicola* fitopatogénnel végzett tanulmány azt jelzi, hogy a hőmérséklet körülbelül 25 °C-ig történő emelkedésével az aszkospórák kibocsátásához és csírázásához szükséges idő lerövidül, míg a 30 °C-ot meghaladó hőmérsékleteken a sporuláció korlátozott.

Tanulmányok azt mutatják, hogy a *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* és a *Pseudomonas syringae* (a csonthéjas gyümölcsfélék bakteriális rákosodásának okozói) bakteriális kórokozók optimálisan 25–30 °C hőmérsékleten fejlődnek magas páratartalom mellett, és 15-35 °C tartományban képesek fertőzni a növényeket (Rojas et al., 2017; Peetz et al., 2009; West et al., 2024). Előrejelző modellek azt mutatják, hogy a baktériumok in vitro növekedési sebessége a legmagasabb értékét körülbelül 30 °C-nál éri el, míg ≥ 35 °C-on jelentősen csökken (Rojas et al., 2017).

Az átlagos éves hőmérséklet emelkedésével szükségessé válik bizonyos mezőgazdasági gyakorlatok megváltoztatása. A kártevők okozta károk és veszteségek csökkentése érdekében korábbi és gyakoribb rovarirtószerek alkalmazása szükséges.

Sok nemesít