

A KLÍMAVÁLTOZÁS KÁROS HATÁSA A SZŐLŐRE (IRODALMI KITEKINTÉS)

*Knolmajer Bence*¹*

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Növényvédelmi

Intézet

** Corresponding author, Knolmajer.Bence@phd.uni-mate.hu*

Abstract

Continuous climate change affects the whole biosphere. Anthropogenic activity is accelerating this naturally occurring process. Climate is an important factor in agriculture, and thus in viticulture, as it has a fundamental impact on the habitat of plants and animals. The new conditions pose a new challenge to vine growers, with the current warming trend creating largely unfavourable conditions. On the one hand, direct damage (sun damage, drought, frosts, hailstorms, etc.) and, on the other hand, indirect damage (emergence of new pathogens: *Aspergillus* sp., *Xylella fastidiosa*) are putting an extra burden on farmers. Extreme weather events have become more frequent, and uneven rainfall and drought are a particular problem for viticulture. Extreme weather forces producers to make extra heavy investments: irrigation,

ice nets, frost protection. In addition to the high cost of planting, the sector is also characterised by labour shortages. With current grape purchase prices, high input prices and the cost of irrigation, which is slowly becoming essential for crop security, planting does not pay for itself. In order to mitigate the effects of climate change, researchers are creating opportunities for adaptation through continuous technological improvements. The long-term physiological impact of some of these techniques is not yet known. These technologies can be used to influence the duration of vine development, ripening time and quality parameters.

Keywords: Climate change, global warming, viticulture, abiotic stress

Összefoglalás

Az éghajlat folyamatos változása hatással van az egész bioszférára. Az antropogén tevékenység felgyorsítja ezt a természetesen is zajló folyamatot. A mezőgazdaság és így a szőlőtermesztés fontos tényezője a klíma, hiszen a növények és állatok életterére alapvető hatással van. Az új körülmények új kihívás elé állítják a szőlőtermesztőket, a jelenlegi melegedő tendencia nagyobb részben kedvezőtlen körülményeket teremt. Egyrészt közvetlen kártétellel (napkárosodás, aszály, fagyok, jégesők, stb.), másrészt pedig közvetett kártétellel (új kórokozók megjelenése: *Aspergillus sp.*, *Xylella fastidiosa*) is plusz terhet ró a gazdákra. Gyakorivá váltak a szélsőséges időjárási események, különösen nagy problémát okoz a szőlőtermesztésnek a csapadék egyenlőtlen eloszlása és az aszály. A szélsőséges időjárás plusz nagyértékű beruházásokra kényszeríti a termelőket: öntözés, jégáló, fagyelleni védelem. Az alapvetően költséges ültetvénytelepítés mellett munkaerőhiány is jellemezi az ágazatot. A jelenlegi szőlő felvásárlási árak, a magas inputanyag árak és a termékbiztonsághoz lassan alapvetőnek számító öntözőrendszer költsége mellett az ültetvénytelepítés nem térül meg. A klimaváltozás hatásainak mérséklése érdekében a kutatók folyamatos technológiai fejlesztések révén

lehetőséget teremtenek az ezekhez való alkalmazkodáshoz. Néhány módszer hosszútávú élettani hatása még nem ismert. Ezekkel a technológiákkal befolyásolhatjuk a szőlő fejlődésének időtartamát, érési idejét, és a minőségi paramétereit.

Kulcsszavak: klímaváltozás, globális felmelegedés, szőlőtermesztés, abiotikus stressz

A klímaváltozás

Földünk éghajlata folyamatosan változik, egymást követik a lehülési és felmelegedési periódusok. Napjainkban a klímaváltozás felmelegedési periódusa zajlik, amely az egész bioszférára kifejti a hatását. A Kutzbach (1989) szerint a klímaváltozás periodicitására több szakaszra bontható:

Első szakasz: több mint egy billió évvel ezelőtt, a föld korai szakaszában élő algák fotoszintézise során nagymértékben csökkentették a légkör CO₂ szintjét és így egy nagyobb lehülés következett be. A levegőből megkötött CO₂ szerves szénként raktározódott.

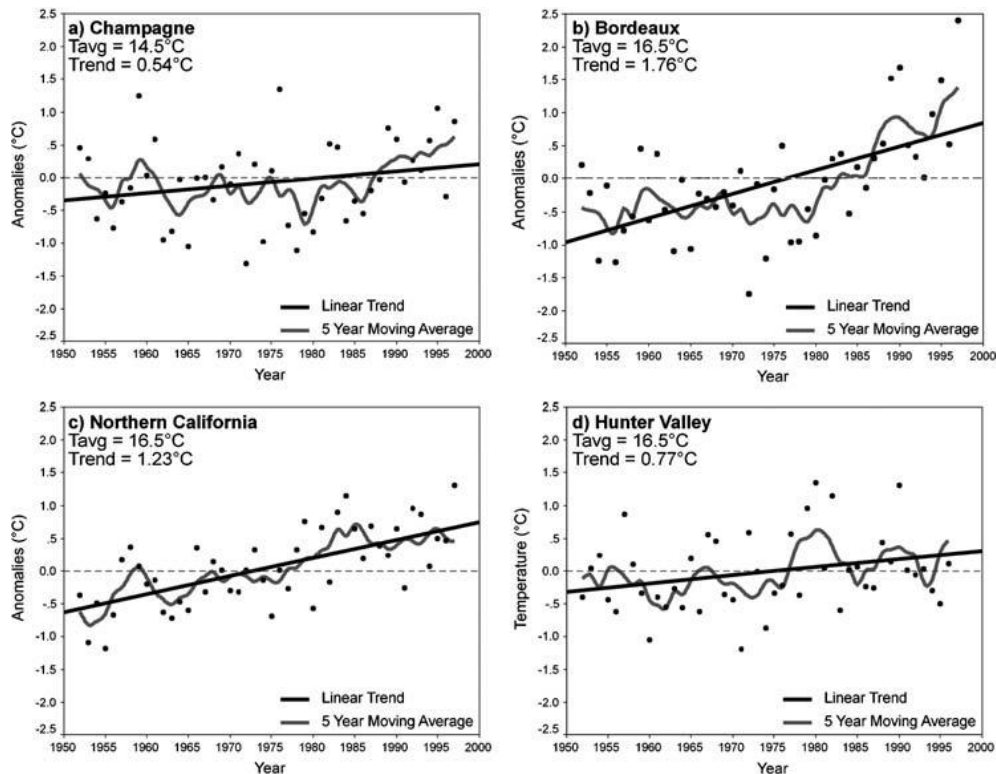
Második szakasz: A lemeztectonikai mozgások következtében, több százmillió éven keresztül (600 millió évvel ezelőtt és 100 millió évvel ezelőtt közötti időszakban) lezajló kontinens vándorlás, a földkéregmozgás következtébeni és a vulkán kitörések útján a felszínre törő CO₂ üvegházhatást idézett elő és így az éghajlat melegedését okozta.

Harmadik szakasz: 100 millió évvel ezelőtt a lemeztectonikai mozgások leálltak, és csökkent a vulkáni tevékenység. Ennek következtében a levegő CO₂ tartalma csökkent és így kezdődött el a klíma fokozatos lehülése.

Negyedik szakasz: Az utolsó évmilliók során hideg és meleg periódusok váltották fel egymást. Az éghajlat változását a föld keringési pályájának változása okozza, amelynek periódus ideje 100.000 év.

Ötödik szakasz: Több kisebb periódusból áll, amelyek körülbelül 1000 évente következnek be. Például 1100 évvel ezelőtti Angliában szőlőt termesztettek, a Vikingek jégmentes tengeren jutottak át az Újvilágba. A 14. századtól a 20. század elején Európa éghajlata hűvösebb volt mint most, ezt a periódust hívjuk kis jégkorszaknak. Azóta a klímánk folyamatosan melegszik, napjainkban az átlag hőmérséklet az elmúlt ezerévhez viszonyítva a legmagasabb.

A klímaváltozásért az üvegházgázok emelkedő koncentrációja felelős a légkörben. A legfontosabb üvegházhatású gázok a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid és a halogénezett szénhidrogének. Ezek a gázok keresztül a napsugarai szinte zavartalanul lejutnak a föld felszínére, de az onnan kiinduló, nagyobb hullámhosszú energia egy részét ezek a gázok elnyelik és visszasugározzák a föld felszínére.



1. ábra: Néhány borvidék átlaghőmérséklet növekedése 1950-2000 közötti években

(forrás: Jones et al., 2005)

A metán már 8-12 év után kikerül a légkörből, a fontosabb freonfajták 10-200, a dinitrogén-oxid 120 év alatt bomlik le a légkörből. Az antropogén eredetű többlet kibocsátás következtében a szén-dioxid molekulák akár 200 évig is a levegőben tartózkodhatnak. A szén-dioxid egy részét a bioszféra és az óceánok elnyelik, ha levegőbe kerülő szén-dioxid mennyiség nem haladná meg az elnyelők kapacitását, akkor nem növekedne a légkör szén-dioxid koncentrációja (Mika, 2002).

A 1950-1999 évek között a föld átlaghőmérséklet emelkedése globálisan 1,29 C° volt. Több borvidék időjárás adatait megvizsgálva néhol kisebb mértékű a melegedés, de mindenhol szignifikáns emelkedés látható (1. ábra). A Rhone-völgyben az átlag hőmérséklet 4,07 C°-al nőtt a vegetáció és 3,85 C°-al nőtt a nyugalmi időszakban (Jones et al., 2005).

A klímaváltozás hatása a mezőgazdaságra

Az antropogén tevékenység következtében, a különböző okokból természetes módon is bekövetkező klímaváltozás felgyorsul. Az emberek és állatok számára is egyre jobban érzékelhetően változnak meg az adott helyen ható éghajlati viszonyok. Az ember és az állatok helyváltoztatásukkal bizonyos mértékig ki tudnak térni a változás következtében fellépő káros hatások elől. A növények és így az élelmiszerellátást biztosító növénykultúrák helyhez kötve kénytelen átvészelnéni a kedvezőtlen időjárási eseményeket. A termesztendő növények körét alapvetően az éghajlat határozza meg, így egyértelműen számítani lehet az általános melegedés következtében a hűvösebb klímát kedvelő növények nagyüzemi szinten történő háttérbe szorulására (pl.: málna, szilva, stb.). Mindemellett új vagy már termesztésben lévő, melegkedvelő fajokat nagyobb területen fogják vetni, illetve telepíteni (pl.: édesburgonya, szója, mandula, stb.). A termesztésben lévő növényfajokon belül változni fog a fajtahasználat, a melegebb éghajlati viszonyokhoz jobban alkalmazkodó fajták kerülnek előtérbe. A kedvezőbb vízfelhasználású és szárazságot jobban tűrő fajták szintén fontosak lesznek a jövőben. A növénytermesztési rendszerek egyik fontos elemeként nagy figyelmet kell a jövőben fordítani a talajok vízmegőrzésére és az ezt elősegítő talajművelési technológiák alkalmazására, kutatására és technológiai fejlesztésére. A talajok vízellátottságának optimalizálása érdekében öntözéstechnológiai fejlesztések és azok kiterjedt használata is egyre fontosabb lesz a jövőben.

Az éghajlati viszonyok változásával teret nyernek a másodlagos anyagcseréjük során mikotoxinokat termelő penészgombák (*Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.*), amelyekkel az élelmiszerek mikológiai biztonsága jelentősen romolhat. Az európai országokra eddig nem jellemző mikotoxint termelő gombák fertőzési kockázata. A hőmérséklet +2 °C-al történő emelkedésével a Dél-Európai országokban az aflatoxin kockázat nagymértékben nőhet,

mérsékelt kockázat növekedéssel lehet számolni Romániában, Magyarországon, Északkelet-Olaszország és Franciaország területén. Az élelmiszerek ezekkel a fajokkal és ennek következtében mikotoxinnal való fertőzöttsége az aratás előtt és az azt követő fázisokban is bekövetkezhet, így nem csak az ellenük való védekezési technológiák hanem a tárolási technológiák fejlesztése is szükségszerű lesz a jövőben (Farkas et al., 2013).

A környezeti tényező változása következtében fellépő stresszhatás egyre nagyobb megpróbáltatást jelent a növények számára. A fokozott igénybevétel mellett kell biztosítani a megfelelő növényvédelmet a növények számára és kielégíteni az egyre növekvő élelmiszerigényt. A termesztett növényeink közül különösen az ültetvények vannak kitéve a telepítést követően az adott ültetvényben fellépő stresszhatásoknak, hiszen bizonyos kultúrák akár több évtizedig is a kiválasztott területen maradhatnak.

A klímaváltozás hatása a szőlőre

A több évtizeden át tartó kitettség a klimatikus tényezőknek a szőlő esetében különösen igaz, hiszen 40-50 évig vagy akár még több ideig is az adott területen maradhatnak a tőkék. A szőlő alapvetően melegkedvelő növény, de a túlzott mértékű szélsőséges időjárási események káros hatással vannak rá. A magas hőmérséklet, az aszályok, magas UV-sugárzás, az egyre gyakrabban fellépő jégesők és késői fagyok stb., komoly abiotikus stresszhatást jelentenek a növény számára. A klímaváltozás nem csak közvetlenül abiotikus stresszként hat a szőlőre, hanem a melegedő éghajlat következtében egyre jobban előtérbe kerülnek olyan speciális és széles gazdanövény körrel rendelkező kórokozók, amelyek magyarországi terjedésének csak a környezeti tényezők szabtak gátat.

A klímaváltozás hatása a szőlő korokozóira

Freire et al (2017) kutatásaik során különböző fajták *Aspergillus* (2. ábra) és *Penicillium* gombák érés kori fertőzését és toxintermelését vizsgálták. A különböző fajtákról begyűjtött bogyókat mesterségesen fertőzték meg a különböző fajokkal. A fertőzések 75,3 %-át az *Aspergillus* és 24,7%-át a *Penicillium* fajok okozták. Az *Aspergillus* nemzetség fajai közül a legjelentősebbek a szőlőt fertőzők közül az *A. niger* (35,33), *A. carbonarius* (33,9%), *A. aculeatus* (20,51 %). Ezeknek a fajoknak az ochratoxin-A termelőképességét vizsgálva az *A. carbonarius* által kiváltott fertőzések esetében 32,1 %-ban volt jellemző ennek a toxinnak a termelése. Az *A. aculeatus* a fertőzések 100%-ában termelte a toxint, míg az *A. niger* nem potenciális ochratoxin-A termelő. A *Penicillium* fajok közül a legjelentősebbek a *P. sclerotiorum* (44,4%), *P. citrinum* (20%), *P. glabrum* (18,3%), *P. decumbens* (13%). Az egyetlen citrinin-t termelő faj a *P. citrinum* volt. Mivel a kiváltott fertőzések 20%-áért volt csak felelős, így kisebb kockázatot jelentenek a szőlő mikotoxin szennyezettségében a *Penicillium* fajok. A szőlőfajták érzékenysége eltérő a különböző gombákkal való fertőzésre, különbségek Figureyelhetőek meg a kékszőlő és a fehérszőlő érzékenysége között is. A vizsgálatok a fertőzések során a kékszőlő minták 17%-ában, míg a fehérszőlő minták esetében 50%-ban volt fellelhető az ochratoxin-A. Azokban a kékszőlőkben, amelyekben kimutatható volt a toxin, az nagyobb arányban volt jelen mint a fehérszőlők esetében.

Serra et. al. (2006) kutatásaik során a szőlőbogyókat fertőző *Penicillium* fajok által okozott fertőzések közül a legnagyobb arányban a *P. brevicompactum*, *P. thomii*, és *P. glabrum/spinulosum* voltak. Ezek a fajok voltak a felelősök a fertőzések 71%-áért.

Az *Aspergillus* és *Penicillium* fajok a szőlővel bekerülve a mustba az erjedés első 48-72 órájában, általában ebben az időszakban az alkohol nincs toxikus koncentrációban jelen, folytathatják életfolyamataikat és így toxintermelésüket is (Jiang et al., 2015).

A toxintermelő fajok előtérbe kerülésével szükséges lehet intenzív védekezési technológiák alkalmazására az ültetvényekben. Célszerű lenne az engedélyezett mikrobiológiai készítmények ezen fajok elleni hatékonyságának vizsgálatára, esetleg újabb szintén 0 napos élelmezés egészségügyi várakozási idejű készítmények kifejlesztésére, engedélyezésére.

A szőlőt is fertőző *Xylella fastidiosa* (2. ábra) gyors terjedésével jelentős gazdasági károkat képes okozni. Először Koszovóban találták meg, de nem terjedt el a többi európai ország szőlőtermesztő területén. Ez valószínűleg a hideg téli időjárásnak köszönhető. A baktérium terjesztői közé több tajtékos kabóca tartozik, de legjelentősebb vektora a Változó tajtékoskabóca (*Philaenus spumarius*) (Amanifar et. al, 2014). Vektorai még az Éger kabóca (*Aphrophoara alni*), Vérpettyes kabóca (*Cercopis vulnerata*) és a Méregzöld kabóca (*Cicadella viridis*). A szőlő Pierce betegségét okozó korokozó a *Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa*. A Pierce betegség várható terjedése a klímaváltozás hatására bekövetkezik. Az egyre melegebb telek nem lesznek elég kemények az alapvetően mediterrán korokozók elpusztuláshoz, így azok át tudnak telelni a Kárpát-medencében is.



2. ábra. *Aspergillus* spp. fertőzés (forrás: ucanr.edu) és Pirce betegség (forrás: <https://wineindustryadvisor.com/>).

A szőlőt rendszeresen fertőző gombabetegségek közül a száraz melegnyári napokon nagyobb növényvédelmi nyomást fog okozni a jövőben a szőlőlisztharmat (*Erishyphe necator*), míg az alapvetően a csapadékos időjárás jobban kedvelő peronoszpóra fertőzési mértéke visszább szorul és csak kismértékű fertőzést fognak okozni a növények levelein.

A klímaváltozás következtében erősödő abiotikus stressz hatása

Hazánkban kontinentális klíma uralkodik, amire alapvetően a meleg nyár és hidegtél a jellemző. A hetvenes évek közepétől napjainkig erős melegedő tendencia figureyelhető meg, amely a hidegnapok csökkenésével és a hőségnapok számának emelkedése is bizonyít (Hufnagel-Sipkay, 2010). A forró és hőségnapok számának emelkedése mellett, gyakoribbá vált az erős UV-sugárzás, az éghajlatra jellemző csapadék mennyiség nem megfelelően oszlik el a vegetáció során, és többször fordulnak elő jégesők és erős szelek is. Ezek a klimatikus eredetű stresszhatások károsíthatják, vagy bizonyos esetekben el is pusztíthatják a szőlőtőkét vagy egyes részeit.

A fény fontos szerepet játszik a szőlő életében, hiszen egy lián növény, ami folyton a fényfelé kapaszkodik és nő. Abban az esetben, ha a napsugárzás mértéke meghaladja a normális értéket a tőkék egyes részei károsodnak (napkárosodás).

A károsodás akkor következik be, amikor az intenzív napsütés mellett a levegő hőmérséklete magas, a páratartalom alacsony és az időjárás is száraz (3. ábra).



3. ábra: Napégés (első kép) és a hőguta (második kép) tünetei szőlőn.

(forrás: <https://www.canr.msu.edu/>, <https://c8.alamy.com/>)

Mindig a közvetlen napfénynek kitett fürtök károsodnak, főleg a déli napsütésnek hatására (délnyugati, nyugati irányból). A hőguta esetében először a kisebb sárgászöld foltok jelennek meg, amelyek növekednek, besüppednek és a folt közepétől kiindulva elhalnak. Ezt követően a bogyók fokozatosan töppednek és elszáradnak. Gyakran tapasztalható napkárosodás a csonkázás következtében a fényre kerülő bogyók esetében. A napkárosodás következtében a levelek világoszöld színűek lesznek, majd fokozatosan elhalnak. A fajták között tapasztalható némi eltérés a fogékonyágban pl.: Rajnai rizling és az Olasz rizling fogékonyabbak (Hluchy et al., 2007). A növény a magas UV károsodásra válaszként elkezd UV szűrő molekulákat

intenzíven szintetizálni (flavonoidok, karotinooidok). A magas sugárzás okozta stressz általában nem egyedül, akár másik két stressz hatással együtt lép fel (magas léghőmérséklet, vízhiány).

A hőmérséklet hatással van a szőlő életfolyamatira, a fotoszintézis intenzitása egészen 30-33 C°-ig növekszik, majd ezt követően a fotoszintézis intenzitása nagymértékben csökken és a szőlő légzése túlsúlyba kerül. A forró és hőségnapokon a légzéshez a cukrok mellett nagy mennyiségű almasavat használ el a szőlő és a nagyon meleg évjáratokban a borászati szempontból fontos savak elégnek a szőlőtőkén. A túl magas léghőmérséklet nem csak biokémiai változásokat okoz, hanem hóguta érheti a tőkét. Hóguta esetén a tőkék lankadnak, a levelek és a bogyók perzselődhetnek. Abban az esetben, ha aszály idején következik be a hőség, akkor akár a tőkék pusztulása is bekövetkezhet. A szüret idejére is kitolódott a nyáriás időjárás, így kulcsfontosságúvá vált a termés minél gyorsabb feldolgozása. A magas hőmérséklet következtében az oxidációs folyamatok felgyorsulnak, aminek következménye az aroma, íz, szín és mikrobiológiai károsodása a bornak. Egyre gyakrabban végzik a szőlő betakarítását éjszaka, erre a munkaerőhiány miatt amúgy is általánosabban használt szőlőkombájnok nyújtanak lehetőséget. A túl magas hőmérsékleti események mellett hazánkban főleg az Alföldön van jelentősége a téli fagyoknak. Egyes évjáratokban, mint a 2016-os és 2017-es amikor időszakosan -25 C° alá is csökkent a hőmérséklet és a szőlőtermő területek nagyrészen komoly fagykárok következtek be. A vegetáció során bekövetkező fagyok gyakran komoly gazdasági károkat okoznak. A szőlő szempontjából a tavaszi fagyok esetében jelentősége a késő tavaszi fagyoknak van, hiszen a rügyfakadás és ezzel együtt a vegetáció kezdete általában április közepe-május eleje közötti időszakban következik be. A klimaváltozással egyre gyakoribbá váltak a későtavaszi fagyok, melyek gyakran okoznak problémákat a szőlőtermesztő országokban. A fakadás után a hajtások -1 C°-os hideget képesek elviselni, ezt követően elfagynak. A fagyhatás következtében bekövetkezhet a hajtások részleges (4. ábra)

vagy teljes pusztulása. A hajtások teljes fagyása esetén a szőlő rejtett és alapi rügeiből még kihajt, de mivel ezeknek a rügeknek a termékenysége nagyban elmarad a világos rügek termékenységtől.



4. ábra Részleges késő tavaszi fagykár szőlőn (forrás: Knolmajer) és madárkás fürtök (bacchusbortarsasag.hu).

A tavaszi fagyok keletkezési módja alapján kétféleset különböztetjük meg: A beáramlási (advektív) és a kisugárzási (radiációs) fagy. A hegyvidéki szőlőterületek a fagyoknak nem annyira kitettek, szemben a síkvidéki szőlőtermő területekkel. A túlkorán beköszöntő késő tavaszi fagyok manapság nem jellemzőek, de főleg az Alföldi régiókba fordulhatnak elő. Ekkor a késői érésű fajták tökéletesen még az érés befejezése előtt károsodhatnak (Hajdu-Saskői, 2009). Egyre gyakrabban tapasztalható a virágzás idején a szélsőségesen meleg és szélsőségesen hideg léghőmérséklet, melynek következtében a virágok termékenyülése rossz és ún. madárkás fürtök képződnek (4. ábra). A kedvezőtlen időjárási viszonyokból fakadó hiányos termékenyülés komoly termés kiesést eredményezhet. Az érés idején a magas hőmérséklet következtében felgyorsulnak az öregedési folyamatok és kényszerérés következik be. Az általában enyhe telek következtében az atkák könnyen át tudnak telelni és a meleg évszakokban nagy fertőzősségi arányt képesek kialakítani. Alapvetően az éghajlatváltozás következtében növekvő átlag

hőmérséklet és egyre melegebb évjáratok kedvező körülményeket teremtenek ezeknek a kártevőknek. A megemelkedett átlaghőmérséklet nem csak a savtartalmak kedvezőtlen alakulását, hanem a szüret idejére túlságosan megnövekedett cukortartalom következtében a borok túlzott mértékű alkoholtartalmát is okozhatja. A délebben fekvő bortermelő országokban már nem a cukortartalom minél nagyobb növelése, hanem a meleg évjáratokban is mérsékeltebb cukortermelés és így mérsékeltebb alkoholtartalom elérése a cél. A magas hőmérséklet sejtszint alatt főleg a PS II rendszer működésére van káros hatással, a PSI sokkal hőstabilabb. A sejtmembránok károsodnak és az aktivált oxigénformák képződnek. A magas hőmérséklet okozta károsítás mértéke jól mérhető a malondialdehid szint meghatározásával, amely a lipidperoxidáció mértékét mutatja meg.

A szőlő víz igényének kielégítéséhez évente 500-600 mm vízre van szükség. Magyarország területeinek nagyrészen ez a csapadék mennyiség adott, de az éghajlatváltozás következtében ennek eloszlása kedvezőtlen és komoly stresszt jelent a szőlő számára. Az egyre gyakoribb aszályok következtében a levelek és hajtások elvesztik turgorukat, lankadnak, sárgulnak majd az idősebb levelektől kiindulva fokozatosan elszáradnak. Az elszáradt levelek lehullanak, a hajtások nem érnek be megfelelően. A fürtök és a bogyók is fonnyadnak, illetve a fejlődésük és színeződésük is egyenletlen lesz. A víz hiányában a fotoszintézis intenzitása csökken és a bogyók sav és cukortartalma lecsökken, melynek eredményeként minőségi és mennyiségi romlás következik be. A fajták között eltérések mutatkoznak szárazság tűrésükben. A borszőlő fajták jobban tűrik a szárazságot, mint a csemegeszőlő fajták. A csemegeszőlőfajták termesztéséhez az öntözés nélkülözhetetlen. A szárazság sejtszint alatti változásokat is okoz. Több olyan gén expressziója beindul, amelyeknek kulcsfontosságuk van a növény túlélésében. Az aszály következtében nagymértékben megnő az abszcizinsav szint, ami egyébként általános stresszhormonként minden stresszhatásnál megnövekszik. A szárazság hatására

ozmoregulátorok expressziója beindul és nő a sejtben a sejtnedv koncentráció, ennek következtében csökken az ozmotikus potenciál és így nagyobb mértékben képes megtartani a vizet a növény. Egyik jellegzetes ozmotikum a prolin, amellyel jól mérhető a szárazság által okozott stressz mértéke.

Sokszor hirtelen, rövid idő leforgása alatt esik le nagy mennyiségű csapadék. A nagymennyiségű csapadék főleg aszályos időszakot követően kedvezőtlen. Ekkor a nagy gyökérsnyomás következtében, a túlzott mértékű vízfelvétel az érőfélben lévő bogyók falát megrepeszti és így utat nyit a gombás fertőzéseknek. A túl nagy mennyiségű csapadék hullás következtében sík és a dombvidékek alján belvíz alakulhat ki. A belvíz következtében járhatatlan lesz a talaj a munkagép számára és a víz tömöríti, levegőtlené teszi a talajt és így a gyökerek normál működése akadályozott. Anaerob körülmények között különösen nagy az esélye a tökéik *Agrobacterium tumefaciens* fertőzésének. A hegyvidéki szőlőtermesztésben nagy az erózió kockázata, itt különösen fontos a megfelelő víz elvezetés. Az erózió elkerülése érdekében a sorközökben a időszakos vagy állandó takaró növényzettel megelőzhető a termőtalaj erodálódása (Terbe et al, 2011).

A szélsőséges időjárási események gyakoribbá válásával egyre többször fordulnak elő jégesők. Az okozott kár mértéke a jégszemek nagyságától függ, ami akár a diónagyságot is elérheti. A leveleket széttépi, a hajtásokon és a vesszőkön sebeket ejt, a bogyókat szétveri (5. ábra). A jégeső utat nyit a sérülésekkel a gombásfertőzéseknek, melynek következtében az állomány teljes pusztulása is bekövetkezhet. A jégeső károsításának a levelek alatt lévő, belső fürtök kevésbé kitétek. A jégeső okozta kár mérséklése érdekében Magyarország jégkár mérséklő rendszert működtet. Használata következtében a jégszemek átmérője csökken, így nem okoznak a lehulló szemcsék nagymértékű károkat. Külföldi ültetvényekben a gyakran alkalmaznak jégghálót a kár elhárítása érdekében, hazánkban ez főként a gyümölcs

ültetvényekben jellemző. Nem a klímaváltozás következménye, de a klímához kapcsolódó rendkívül káros jelenség a savas eső. Az ipari létesítmények emissziója következtében legközelebbi jutó szennyező anyagok felelősek érte. A savas eső az ökológiai környezet sav egyensúlyát megbontja, és a környezet elsavanyodását okozza. A savas esők nem csak a gyárak közelében hullanak le, hanem a meteorológiai viszonyoktól függően akár több ezer kilométerre is lehullhatnak.



5. ábra Jégverés a szőlőfürtön (fotó: Knolmajer)

A szőlő fenológiai stádiumai eltolódnak, illetve lerövidülnek. Ez a különböző évek adataiból jól látszik. A 2020-as évben korán fakadt a szőlő, aminek köszönhetően a szüret 2-3 héttel korábban kezdődött meg (augusztus második hete). A 2021-es évben a hűvös tavasz miatt a fakadás jóval később indult meg, de a zsendülés idejére behozva a lemaradást már a „megszokott” menetrend szerint alakult a fenológiája. A fakadástól függően tehát nem csak eltolódnak a stádiumok, hanem le is rövidülnek egyes fázisok és ezzel a tenyésztési időszak is. A fenológia rövidülésével az érési időszak a megszokottnál jóval melegebb időszakokra esik és így a bogyók metabolizációja felgyorsul és így a bor összetétele, érzékszervi tulajdonságai megváltoznak.

A klímaváltozás hatásának mérséklése a szőlőültvényekben

A megváltozott körülményekhez a szőlőtermesztők próbálnak az egyes technológiai elemek megváltoztatásával alkalmazkodni. A borászok folyamatos monitoring alatt tartják az ültetvényeket, hogy pontosan a megfelelő érettségi állapotban történjen a szüret. A folyamatos változás, folyamatos tanulással együtt új technológiák kidolgozását fogja eredményezni. A jelenleg termesztésben lévő fajták elérik a tűrőképességük határát, így kevésbé lesznek alkalmasak a megváltozott körülményekkel megbirkózni. A helyben történő fajtaváltásnak a jövőben fontos szerepe lehet az ültetvényekben (Neethling et al., 2019).

Az ültetvények fajtaváltására nagyobb területen, csak néhány oltási módszerrel alkalmas. A többi technológiához viszonyítva nagy eredési aránnyal és terület teljesítménnyel rendelkezik a Trio-szemzés, mely gyors fajtaváltást tesz lehetővé (Knolmajer et al, 2019).

Az öntözési technológiák előtérbe kerülése mellett, fontos szerep jut a talajok vízmegőrzésének. A szőlőtermesztés számára is elérhetőek olyan munkagépek (pl.: ásógép, kultivátor stb.), amelyekkel hatékonyan a talaj forgatása nélkül tudjuk a talajokat tisztántartani, illetve lazítani. Az egyéb művelő eszközök használata sem nélkülözhető, de előnyben kell részesíteni ezeket a munkagépeket. A forgatás, és a talajszerkezetet erősen romboló eszközök háttérbe szorulásával a víz jobb megőrzése mellett méréskelhető a talajok művelés utáni CO₂ vesztesége, ami így nem járul hozzá az üvegházhatás mértékének növekedéséhez. Az olyan kevés csapadékkal rendelkező nyugalmi időszakok esetén, mint a 2022-es, célszerű lesz a télre időszakos növényborítást hagyni a nedvesség veszteség mérséklése érdekében.

Több konkrét technológia is rendelkezésre áll, az éghajlat változás hatásainak mérséklésére. A késő téli metszéssel késleltethetjük a fakadást és így a tavaszi fagyoknak való kitettség csökken. Alkalmazhatunk árnyékoló hálókat a napkárosodásának mérséklése érdekében. Széleskörben

elterjedt a mulcsozás, amely szintén a vízmegőrzésében segít. Kísérletek folynak arra vonatkozólag, hogy a levélfelület csökkentésével a végleges cukortartalom milyen mértékben csökkenthető. Az érés késleltetése érdekében, hogy a zsendülés kedvezőbb körülményke között következzen be, alkalmazzák a csonkázás erőteljesebb változatát. Az alap technológia során 12 levél magasság fölött vágják le a hajtások tetejét. Az erőteljesebb változatban a 9. vagy 10. levél emeletek fölött teszik meg, ezzel 20 nappal tolódik ki a technológiai érettség időpontja. Antitranszspirációs anyagok kijuttatásával a sztómák konduktanciájának csökkenésével párhuzamosan a fotoszintézis teljesítménye is csökken, így késleltethető az érés ideje. Alkalmazásával a víz deficit csökken. A kettős metszés (6. ábra) technológiájával is eltolható az érés akár 49 nappal. A növekvő hajtásokat néhány nádusz meghagyásával visszavágják és így a legfelső téli rügyek kihajtanak. Az új hajtások fejlődése veti vissza a fenológiában a növényt (Gutiérrez-Gamboa et al, 2021).



6. ábra Kettős metszés (Double pruning) (forrás: Gutiérrez-Gamboa et al).

A szőlőt ért káros hatások esetén a sejtszint alatt, egy másodlagos oxidatív stressz is bekövetkezik. Az oxidatív stressz során aktivált oxigénformák képződnek. A stressz alatt lévő növények káros sejtszint alatti károsodások ellensúlyozása érdekében célszerű azok kezelése antioxidánsokat nagy arányban tartalmazó növényi kivonatokkal, növénykondicionálókkal. Manapság egyre elterjedtebbek, károsodás esetén kijuttatják ezeket a készítményeket és ezzel jó eredménnyel rövid idő alatt regenerálódni tudnak a tőkék. Ezek a technológiák a bizonyítékai, hogy az alkalmazkodás folyamatosan zajlik és az újabb technológiákkal jó eredmények érhetők el. A kettős metszés (double pruning) technológia azonban felvet néhány kérdést. A hajtások ilyen erőteljes visszavágása következtében a téli rügyei is kihajtanak a szőlőnek, ami alapvetően a következő évi termés alapjai. Illetve kérdés, hogy mekkora stresszt jelent a növényeknek. Az éghajlat változása mellett a szőlőtermesztési technológia is folyamatos változáson megy keresztül, ezzel várhatóan a jövőben is eredményesen lehet majd szőlőt termelni.

Szőlőtermesztés a jövőben

A jövő szőlőtermesztését két nagy tényező fogja meghatározni, az egyik a klímaváltozás, a másik pedig a növényvédelem kérdésköre. Alapvetően a mai tendenciák azt mutatják, hogy sok növényvédőszer hatóanyag kerül kivonásra. Sok olyan hatóanyag is kikerül a szakemberek kezéből, amelyek nagymértékben hozzájárultak a biztonságos szőlőtermesztéshez. A növényvédőszer gyártók megkezdték a kockázat alapú értékelésnek abszolút megfelelő „bio” növényvédőszer fejlesztését. Több jól alkalmazható készítmény már most rendelkezésre áll és jól beilleszthető az integrál növényvédelembe is. Egyes szegmensei a növényvédelemnek azonban még nem megoldottak. Jó lehetőséget rejtenek a rezisztensfajták, sajnos hazánk kiterjed nemesítési programmal nem rendelkezik. Néhány kecskeméti és pécsi fajta

rendelkezésre áll, illetve Geisenhemi nemesítések is elérhetők Magyarországon. Azonban fontos megjegyezni azt, hogy ezek a fajták sem ellenállóak minden betegséggel szemben. A növényvédő szerek használatának csökkenése várható és ezzel még szélesebb körben alkalmazásra kerülnek a precíziós mezőgazdasági technológiák. A növényvédelem alapját a növények ellenállóképességének lehető legnagyobb mértékben való fokozása fogja jelenteni. A klímaváltozás okozta kihívások szintén szorgalmazzák a precíziós technológiák alkalmazásának kiterjesztését és a szőlőtermesztés digitalizációját. A jövőben a szőlőültetvények telepítésénél alapkövetelmény lesz az öntöző rendszerek telepítése is, ami a telepítési költségeket másfélszeresére növeli. Nagy probléma az alacsony szőlő felvásárlási ára, ezen az árszinten még hosszú ültetvény élettartammal is nehezen térül meg a telepítés nagy beruházási igénye.

Irodalomjegyzék

- Amanifar, N., Taghavi, M., Izadpanah, K., Babaei, G. 2014. Isolation and pathogenicity of *Xylella fastidiosa* from grapevine and almond in Iran. *Phytopathologia Mediterranea*, **53**(2). 318–327. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-12647
- Farkas, J., Szeitzné, Sz. M., Varga, J., Beczner, J., Kovács, M., Varga, L. 2013. A Kárpát-medence éghajlatváltozásának kihatása élelmiszer-biztonságunkra. *Magyar Tudomány*, **174**(2). 147–157.
- Freire, L., Passamani, R. F., Thomas, A. B., Nassur, R. C. M. R., Silva, L. M., Paschoal, F. N., Pereira, G. E., Prado, G., Batista, L. R. 2017. Influence of physical and chemical characteristics of wine grapes on the incidence of *Penicillium* and *Aspergillus* fungi in grapes and ochratoxin A in wines. *International Journal of Food Microbiology*. **241**. 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.027>

- Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., Martínez de Toda, F. 2021. Current viticultural techniques to mitigate the effect of global warming on grape and wine quality: A comprehensive. *Food Research International* **139**. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109946>
- Hajdu, E., Borbásné Saskői, É. 2009. Abiotikus stressz a szőlő életterében. *Agroinform Kiadó, Budapest*. 36–65.
- Hluchy, M., Ackermann, P., Zacharda, M., Lastuvka, Z., Bagar, M., Jetmarova, E., Vanek, G., Szőke, L., Plisek, B. 2007. A gyümölcsfák és a szőlő betegségei és kártevői. Bratislava, 238.
- Hufenagel, L. Sipkay, Cs. 2010. A klímaváltozás hatása ökológiai folyamatokra és közösségekre. *Corvinus Egyetem, Budapest*. 13–14.
- Jiang, C., Shi, Jungling., Chen, X., Liu, Y. 2015. Effect of sulfur dioxide and ethanol concentration on fungal profile and ochratoxin a production by *Aspergillus carbonarius* during wine makin. *Food Control*, **47**. 656–663. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.011>
- Jones, V. G., White, A. M., Cooper, R. O., Storchmann, K. 2005. Climate change and global wine quality. *Climate Change*, **73** (3): 319–343.
- Knolmajer, B., Kocsis, L., Knolmajerné Szigeti, Gy. 2018. Egy új helybenoltási módszer eredményes alkalmazása szőlőültetvények átoltására, ültetvénylétesítésre. *Borászati Füzetek* **28**(3). 23–28. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2>
- Kutzbach, J. 1989. historical perspectives: climatic changes throughout the millennia. In: De Fries R.S. and Malone T F, eds *Global Change and our Common Future*. Washington D.C.: National Academy. 50–55.
- Mika, J. 2002. A globális klímaváltozásról. Egy meteorológus kutató szemszögéből. *Országos Meteorológiai Szolgálat Fizikai Szemle*, **52**(9). 258.

Neethling, E., Barbeau, G., Coulon-Leroy, C., Quénot, H. 2019. Spatial complexity and temporal dynamics in viticulture: a review of climate-driven scales. *Agricultural and Forest Meteorology*, **277**. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107618>

Serra, R., Lourenço, A., Alípio, P., Venacio, A. (2006): Influence of the region of origin on the mycobiota of grapes with emphasis on *Aspergillus* and *Penicillium* species. *Mycological research* **110** (8). 971–978. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.05.010>

Terbe, I., Skezák, K., Kappel, N. 2011. Kertészeti és szántóföldi növények fejlődési rendellenességei. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 179–184.