

Egyes borszőlőfajták válaszdása az éghajlatváltozásra a Soproni és a Zalai borvidéken

KOVÁCS ERIK¹, PUSKÁS JÁNOS¹,
HAJDU EDIT², KOZMA KATALIN³

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem BDPK

²SZIE Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet

³Széchenyi István Egyetem Audi Járműmérnöki Kar

E-mail: kovacserik19@gmail.com

Összefoglalás

Az éghajlatváltozásnak már látható jelei vannak a Soproni és a Zalai borvidéken. A hőmérséklet tenyészidőszaki szignifikáns emelkedése, a sugárzás- és hőellátottság javulása, a csapadék vegetációs időszak alatti csökkenése, a hőösszeg értékek jelentős növekedése hozzájárult az elmúlt három évtized (1986-2015) során ahhoz, hogy a legtöbb borszőlőfajta fenofázisai eltolódtak a két borvidéken. A fenti időszak végére a rügyfakadás ideje a két borvidéken 7 nappal korábbra került. A rügyfakadás és a virágzás 4,5 nappal közeledett egymáshoz. A virágzás ideje is változott, 6,5 nappal történik korábban. A zsendülés kezdeti idejének eltolódása 8 nap. Az összes fajta átlagában 11 nappal tolódott korábbra a szüret. Az anticiklonális napok arányának növekedésével nőtt a szüretkor mért cukorfok, és csökkent a savtartalom. A növekvő - de nem szignifikánsan változó - szárazság csökkentette a termés tömegét, ezen belül a lényeredéket.

Kulcsszavak: Kárpát-medence, szőlő, éghajlat, éghajlatváltozás, fenológia

Bevezetés

Az egész bolygóra kiterjedő éghajlatváltozás hatásai nem kerülnek el a mezőgazdaság egyetlen ágazatát, köztük a szőlészet-borászat ágazatát sem. Az elmúlt 30-40 év melegedése eddig kedvező hatással volt a termés és a borok minőségére Európában. A 20. század közepe óta nagyjából 50-100 km-rel tolódott északabbra Európában az ideális bortermő területek határa (Bowen et al. 2004), mely a 21. század közepére további jelentős északi irányba való terjeszkedést jelent (Hoffmann et al. 2007). Olyan területek is alkalmassá válnak borszőlő (*Vitis vinifera* L.) termesztésére, ahol korábban elképzelhetetlen volt, hogy jó minőségű, magas cukortartalmú

borszőlő teremjen (pl. Észak-Németország, Baltikum, Svájc magasabb területei stb.). Számolni kell az öntözés és a vízhiány problémájával, a fenológiai fázisok időpontjainak eltolódásával és a szélsőséges meteorológiai események gyakoribbá válásával. Az északi félteke borvidékein az elmúlt 50 évben a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1,6 °C-kal emelkedett, Európában pedig már közel 2 °C-os emelkedést mértek a tenyészidőszakban (április 1 - szeptember 30.) (Fraga et al. 2016; Mozell és Thach 2014).

Az éghajlatváltozásnak egyaránt vannak negatív és pozitív hatásai. Negatív hatások közé sorolható a szélsőséges időjárási események (pl. aszályok, néhány óra alatt lehullott szélsőségesen nagy mennyiségű csapadék, egyre intenzívebb villámárvizek stb.) növekvő száma. A számos negatív hatás mellett egyes mezőgazdasági területek inkább haszonélvezői az éghajlatváltozásnak.

Az éghajlat módosulásának már látható jelei vannak a növények tenyészidőszakának változásában (Laget et al. 2008). Míg egyes területek, ahol korábban nem lehetett borszőlőt - kiváló minőségű bor készítéséhez - természeteni vagy egyáltalán nem voltak alkalmasak borszőlő termesztésre, a növekvő hőmérséklet, a kiegyenlítettebb csapadék hatására alkalmassá válhatnak, míg ahol eddig is alkalmas volt a klíma jó minőségű borszőlő termesztésre, ott a növekvő hőmérséklet, az esetleges szélsőséges csapadék gyakoribbá válása következtében, csak kellő intézkedések segítségével lehet borszőlőt természeteni.

Kutatásunk során arra kerestük a választ, hogy a leggyakoribb fajták miként reagáltak az éghajlat változásának regionális hatásaira továbbá célunk volt egy érési index kidolgozása a tudományos szakemberek, döntéshozók és a gazdálkodók számára, mely a későbbiekben akár az összes szőlőfajtán alkalmazható lesz.

Anyag és módszer

Az éghajlati adatok mérése, gyűjtése és a fenológiai fázisok megfigyelése a Soproni borvidék mindkét körzetén és a Zalai borvidék teljes területén (Zalaszentgróti Hegyközség, Nagykanizsai Hegyközség, Zalakaros Térsége Egyesült Hegyközség, Kerka- és Muramenti Hegyközség) történik. A fenológiai megfigyeléseket 2006-ban kezdtük a Zalai borvidék Kerka- és Muramenti hegyközségen a Bussay Pincészetnél. A fenológiai adatbázishoz magyar, horvát, szlovén és burgenlandi megfigyeléseket is felhasználtuk.

Az éghajlati vizsgálatokhoz 32 meteorológiai állomás adatait használtunk fel (1. ábra). A következő településeken és települések szőlőhegyeinek közvetlen közelében találhatóak a meteorológiai állomások: Sopron, Sopronkövesd, Ágfalva, Velem, Kőszeg, Bozsók, Szombathely, Vaskeresztes, Egyházasarádóc, Kőrmend, Lenti, Lenti-hegy, Iklódbördöce, Lovászi, Csörnyeföld, Bak, Bázakerettye, Letenye, Nagykanizsa, Keszthely, Zalaapáti, Sármellék. Továbbá négy állomás az országhatáron kívül, de közvetlenül a határ mentén található, Varasd Horvátországban, Lendva Szlovéniában, Bildein és Rohonc-Weingebirgen Ausztriában. Ezek közül az Országos Meteorológiai Szolgálat állomása Sopron, Kőszeg, Szombathely, Kőrmend, Iklódbördöce, Nagykanizsa, Sármellék, Keszthely, a ZAMG állomása Bildein. A többi magán állomás, de mindegyik rendszeresen kalibrált. Egyes állomás adatokat az OMSZ-tól vásároltuk meg.

1. ábra. A meteorológiai állomások



Figure 1. The location of the meteorological stations

Az éghajlati paraméterek általános vizsgálata (évi középhőmérséklet, havi középhőmérséklet, évi lehullott csapadék, havi csapadék stb.) nem elég egy-egy termőhely adottságainak leírásához, mivel csak egy felületes vonást mutatnak, ezért alakítottak ki több mesterséges paramétert és indikátort, melyek közül többet használnak az agroklimatológiai kutatások egészénél és egyes indikátorokat csak speciálisan a termőhelyek, borvidékek vizsgálatánál.

A vizsgálat során korreláció, lineáris regresszió és szórás analízist végeztünk, a véletlenszerűség kizárása végett.

A kutatás során a hőmérsékletből és a csapadékból származtatott szélsőséges indexek közül a nyári napok ($T_{\max} > 25\text{ °C}$), a hőségnapok ($T_{\max} > 30\text{ °C}$), a téli napok ($T_{\max} < 0\text{ °C}$), a fagyos napok ($T_{\min} < 0\text{ °C}$), az extrém zord napok ($T_{\min} < -10, -17\text{ °C}$), a nagy csapadékú napok ($R_{\text{nap}} > 10\text{ mm}$), az extrém nagy csapadékú napok ($R_{\text{nap}} > 20\text{ mm}$), a száraz napok ($R_{\text{nap}} < 1\text{ mm}$) számát és ezek változását vizsgáltuk.

Ezen szélsőséges paraméterek vizsgálata nem elegendő egy termőhely klimatikus adottságainak leírásához, ezért további indikátorok vizsgálata is nélkülözhetetlen volt.

Éghajlati adatok elemzésénél a növényeknél nem szabad elhagyni hőmérséklet szempontjából a tenyészidőszak alatti aktív hőösszeg (azon napok középhőmérsékletei 10 °C feletti részének az összege, amelyeken a napi középhőmérséklet tartósan meghaladja a 10 °C -ot, vagyis amikor a növény bizonyos életfolyamatai elindulnak) értékét.

Egy-egy táj, tájrész, borvidék borszőlőtermesztésre való alkalmasságát a hőmérséklet-napsugárzás közötti kapcsolat kifejezésére szolgáló úgynevezett radiotermikus indexeszel (R-index) is számszerűen jellemezhetjük. Mivel a szőlő számára szükséges optimális meleg mennyiség nem feltétlenül jár együtt nagy sugárzás értékkel, illetve napfényben gazdag időszakokban is előfordulhatnak alacsony, kedvezőtlen hőmérsékletek, ezért dolgozták ki szakemberek a radiotermikus indexet (Dunkel et al. 1981). Az R-index értéke megfelel egyes termőhelyeken a szőlő hőmérséklet- és sugárzásellátottságának térbeli és időbeli jellemzésére.

$$R=(AG n)/100$$

ahol A a vegetációs időszak aktív hőösszege (°C),
G a globálsugárzás a vegetációs időszak alatt (J/cm²),
n a vegetációs időszak hossza évenként (Dunkel et al. 1981).

A szőlő a tavaszi időszakban a könnyezés és a rügyfakadás idején rendkívül érzékeny a fagyokra. Ilyenkor már gyenge fagy esetén is károsodás történhet az egyes növényi részekben, sejtekben, ezért alakították ki a fagyindexeket, melyek a gazdáknak segíthetnek az egyes termőhelyek kiválasztásánál. A fagy kockázatát meghatározza egy-egy termőhely, tőkesor esetén a magasság, a lejtőszög, a lejtőkíttetés, a talaj (albedó), a fajta és a művelési mód.

Fontos megjegyezni, hogy a vizsgált területen - főleg Kőszeghegyalján és a Vas-hegy területén - jellemző, hogy kis területen belül is, sajátos mikroklímával rendelkező kisebb egységek alakultak ki, ezért előfordul, hogy 1-1 tőkesorban eltérő a tavaszi fagy kockázata. A tavaszi fagy kockázatának becslésére a legmegfelelőbb indikátorok a következők:

$T_{min} 4i5$ = átlagos minimum hőmérséklet április-május hónapban

$T_{min} +5 4i5$ = átlagos minimum hőmérséklet április-május hónapban a talaj felett 5 cm-es magasságban

$T_{min} +50 4i5$ = átlagos minimum hőmérséklet április-május hónapban a talaj felett 50 cm-es magasságban.

Az utolsó két indikátort adathiány miatt csak a 2005 utáni időszakra tudtuk elemezni.

A szárazság megelőzésének tevékenységében fontos szerepet tölthet be a Légköri Szárazság Index (LSZI). A növényekben légköri szárazság hatására olyan fiziológiai változások zajlanak, amelyek gyakran a növény egyes részeinek (virág, hajtások, fűrt, szár) teljes pusztulásához vezethetnek. Ehhez a hőmérsékletnek 25 °C fölé kell emelkednie és a levegő nedvességtartalmának 40% alá kell csökkennie.

Amennyiben a fenti egyenlet értéke elérné az 1-et, abban az esetben beszélhetnénk légköri szárazságról.

Ezután a Soproni borvidékre korrelációs vizsgálatot végeztünk az LSZI értéke és a borvidék éves termésátlaga között. A korreláció eredménye (r=0,21) lett. Kijelenthetjük, hogy az 1986-2015 közötti időszakban a szőlő termésátlagát a Soproni borvidék területén nem befolyásolta szignifikánsan a légköri szárazság.

Az előzőekben említett indikátorokon kívül az alábbiakat vizsgáltuk még: Tenyészidőszaki átlag, maximum és minimum hőmérséklet, tenyészidőszaki csapadék, szőlő fagy-

index, virágzás idei hőmérséklet, virágzás idei csapadék, érés idei hőmérséklet, érés idei csapadék, szüret idei maximum hőmérséklet, tenyészidőszaki csapadékos napok száma, nyári csapadék mennyisége, téli csapadék mennyisége, havas és hótakarós napok száma.

A szerzők egyike (KE) a kutatást személyesen a borászok, a pincészetek és a gazdák segítségével terepen végezte. Naponta terepen volt a rügyfakadás, a fővirágzás és a szüretelés időpontjaiban. A többi fenofázis időszakában is hetente többször végzett megfigyeléseket.

Kutatásunk során próbáltunk arra is választ találni, hogy az elmúlt bő 20-25 évben (adathiány miatt ilyen rövid időtáv) a szüretetek előtti 60 napban a Péczely által felvázolt makroszinoptikus (nagyskálájú) helyzetek miként változtak és ezek milyen szinten befolyásolták az egyes évjáratokat.

Az érési index kalkulálását és finomítását eddig a Zalai és a Soproni borvidék kiválasztott ültetvényein végeztük. Így egyelőre csak e két borvidéken tudjuk alkalmazni.

Az érési index a Soproni és a Zalai borvidékre a következő:

$$R_i = T_{\max 08.01.-09.15.} + T_{\text{át} 08.01.-09.15.} \pm T_{\min}$$

T_{\max} = a legmagasabb nappali hőmérséklet átlaga 5 cm, 50 cm és 2 m magasságban

$T_{\text{át}}$ = a középhőmérséklet átlaga 5 cm, 50 cm és 2 m magasságban

T_{\min} = a legalacsonyabb minimumhőmérséklet átlaga 5 cm, 50 cm és 2 m magasságban.

Amennyiben a $T_{\min} + 3^\circ\text{C}$ alá csökken vagy negatív értékű, akkor az értékét ki kell vonni, mivel ez lassítja jelentősen az érés folyamatát és a talajon (20 cm alatt) gyenge fagy is előfordulhat, főleg a szeptemberi időszakban. Az érési indexet minden esetben a csapadékkal korrelálni kell. Ugyanis a csapadék a gyümölcs savasságát, cukortartalmát, nagyságát befolyásolja, illetve a tenyészidőszak 2. felében a csapadék az egyik legfontosabb indikátor, a sejtépítéshez nélkülözhetetlen, de az érés gyorsaságát leginkább a hőmérséklet határozza meg.

Az érési fenofázis indexet meghatározza a hőmérsékleten és a csapadékon kívül a magasság, fajta, lejtőszög, lejtőkíttetés és a talaj típusa is. A lejtőkíttetés egyes esetekben 3-4 napos eltolódást okozott az érésben ugyanazon pincészetnél, ugyanazon fajtánál.

Az érési indexnél nagyon fontos, hogy a mérőállomás az adott tőkesoron vagy közelében legyen elhelyezve, a távoli állomások adataiból csak közelítő értéket tudunk kapni.

Az R_i érési index alapján megállapítható, hogy egy adott évben milyen gyorsaságú érésre kell számítani az augusztus és szeptember közötti időszakban:

I. 0-46 lassú érés,

II. 46,1-49 átlagos az érési idő,

III. 49,1-58 gyors érésű év (legjobb évjáratok),

IV. 58,1- extrém gyors érésű év (rendkívül magas a cukortartalom, alacsony a savtartalom).

Eredmények

Klimatikus változások

A két borvidéken a hőmérséklet emelkedése az éves, az évszakos és a vegetációs időszak átlagértékeiben egyaránt megfigyelhető.

A Soproni és a Zalai borvidék éghajlata az 1986-2015 közötti időszakban mutatta a legintenzívebb melegedést 1901 óta. Az elmúlt bő 118 évben az évi középhőmérséklet 1,25 °C-kal emelkedett a két borvidék területén. A hőmérséklet a Soproni és a Zalai borvidéken is szignifikáns növekedést mutat, előbbinél évtizedenként 0,13 °C-ot, utóbbinál 0,12 °C-ot.

Az 1986-2015 közötti időszakban a hőmérséklet emelkedésének gyorsulása jelentősebb, a Soproni borvidéken 1,83 °C, a Zalai borvidéken 2,1 °C. Évtizedenként 0,67 °C-kal emelkedett a hőmérséklet, mely szignifikáns változás ($p < 0,001$) (2. ábra).

2. ábra. Az évi középhőmérséklet alakulása a Soproni (bal) és a Zalai borvidéken

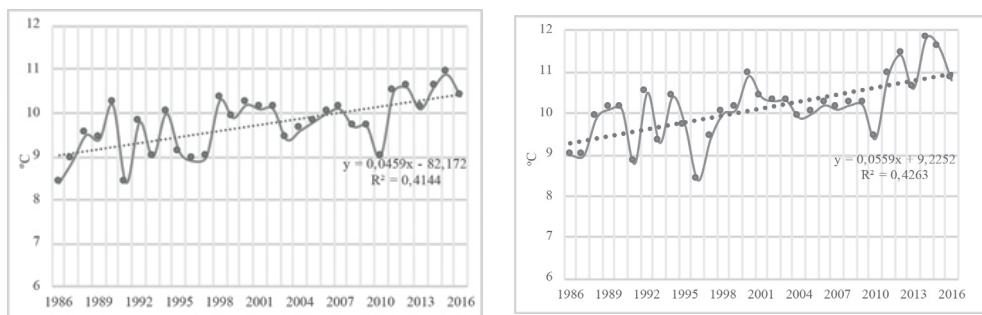


Figure 2. The mean temperature in Sopron (left) and Zala (right) 1986-2015

A két borvidéken mért hőmérséklet alapján a tíz legmelegebb évből kilencet 1990 után mérték. Az évszakok hőmérsékleti trendjeiben más-más eltérések mutatkoznak. Szignifikánsan emelkedett a tavasz, a nyár és az ősz középhőmérséklete, télen is történt változás, azonban nem szignifikáns.

A tavasz és a nyár középhőmérséklete emelkedett legnagyobb mértékben 1,7 °C-kal, az őszé 1,6 °C-kal. A hónapok közül május, július, augusztus és szeptember mutatja a legjelentősebb hőmérséklet emelkedést 1986 és 2015 között. A tenyészidőszaki (IV-X.) és nyugalmi időszaki (XI-III.) középhőmérsékletek kissé eltérő mértékűek, de egyértelmű növekedést mutatnak 1986 és 2015 között, a legintenzívebb emelkedés (0,6 °C / 10 év) a tenyészidőszak második felében mutatkozik. A növekedési trendjük 95%-os szinten szignifikáns.

Az 1986 és 2015 közötti 30 évben a csapadékmennyiség változása nem mutat egyértelmű tendenciát, nem történt szignifikáns változás. Azonban, ha hosszútávú (118 év) változást vizsgálunk, láthatjuk, hogy a két borvidéken kissé csökkent a lehullott csapadék mennyisége, de nem szignifikáns a csökkenés mértéke.

A csapadék jelentős, évről évre való változékonysága miatt az éves csapadékösszeg térbeli eloszlása a sokévestől nagymértékben eltérhet. Az elmúlt 30 évben mérték a vizsgált területen a legcsapadékosabb évet (1992) és a legszárazabbat is (2012).

1986 és 2015 között a csapadék időbeni eloszlása változott. A csapadékos napok száma összességében csökkent, különösen késő tavasszal, nyáron és kora ősszel.

Az elmúlt 30 évben gyakrabban fordultak elő a sokéves átlagnál jelentősen szárazabb nyarak, melyek közül kiemelkedő a 2000-2003-as, 2011-2012-es periódus, mikor egymást követték a csapadékszegény nyarak és közepesen erős aszályok.

A csapadék évszakonkénti változása nem egyértelmű, mivel pl. tavasszal márciusban és áprilisban nőtt a lehullott csapadék mennyisége, májusban csökkent.

A talajnedvesség minimuma általában július végére és augusztusra esik, a minimumok a vízkapacitás 50%-a alatti értéket sehol sem érik el. Az Alföldön előfordulnak évek mikor a vízkapacitás 30% alá esik (Rakonczai 2013). A maximumok beállási ideje január és február. A talajnedvesség alakulása változatos képet mutat. A vas megyei síkság talajai nyáron a Kunsági termőterületekkel azonos értékeket mutat, míg a kőszeghegyljai talajok telítettsége majdnem kétszerese a síkvidékieknek, ami a Zalai borvidék értékeinek trendjével közel azonos.

A havi csapadéértékek többszörös egymásra következésének gyakoriságánál leggyakrabban azzal találkozhatunk a két borvidéken, hogy egy száraz hónapot nedves hónap fog követni, illetve fordítva, mely az országos átlagtól jelentősen eltér. Kivételek főleg nyáron mutatkoznak, július és augusztus esetében. Öt egymást követő átlagnál szárazabb hónap 4-szer, nedvesebb 3-szor fordult elő 1986 és 2015 között (3. ábra).

3. ábra. Az átlagosnál alacsonyabb és magasabb csapadékhozamú hónapok többszörös egymásra következésének gyakorisága a Soproni és a Zalai borvidék átlagában 1986-2015 között

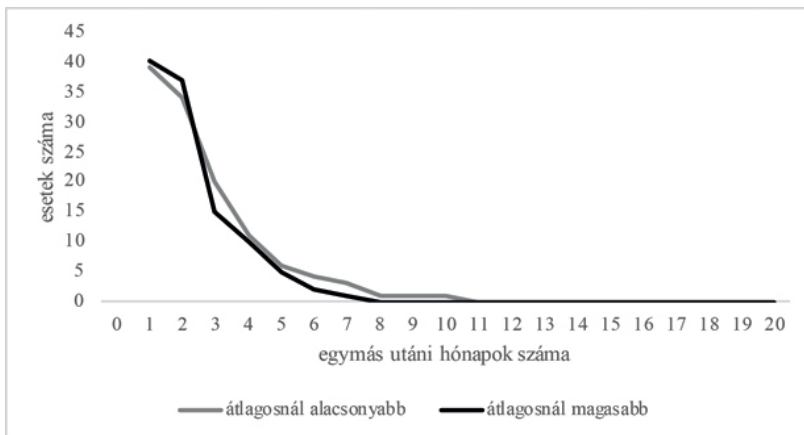


Figure 3. The frequency of multiple successive periods of less than average and higher precipitation months in the average of Sopron and Zala wine regions between 1986 and 2015

Az Országos Meteorológiai Szolgálat és az Osztrák Intézet állomásainak adatai alapján az 1956-1985 közötti időszakban a Soproni borvidék nem volt megfelelő szőlőtermesztés szempontjából, ha a hő- és sugárzásellátottságot vizsgáljuk (R-index). Azonban az 1980-as évektől szignifikáns javulást látunk a hő- és sugárzásellátottságban, ma már a Soproni és a Zalai borvidék is a kiváló kategóriához tartozik.

A fagyos napok számának csökkenése mindkét borvidéken szignifikáns ($p < 0,05$), 104-ről 85-re csökkent. A téli napok száma ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) január 1. és december 31. között a Soproni borvidéken korábban 31 nap volt, az 1986-2015 közötti időszakban 24 nap, a Zalai borvidéken 27 nap volt, 1986 és 2015 között 19 nap. A 2000-es évek után még jelentősebb 5 nap/évtized a csökkenés. A változás szignifikáns ($p < 0,05$).

A zord napok ($T_{\min} < -10 \text{ °C}$) száma 9,5 nap volt 1956-1986 között, 5,5-re csökkent a két borvidék átlagában. A zord napok száma 12%-kal magasabb a Zalai borvidéken, mint a Soproni borvidéken. Ez annak köszönhető, hogy telente gyakoribbak a vastag hóval borított időszakok, dombosági borvidék, illetve kevésbé szeles bortermő terület.

A megfelelő hidegmennyiség elmaradása a kártevőknek (rovarok, gombák, baktériumok, vírusok) rendkívül kedvező, 2000 és 2015 között 11 tél volt enyhébb, mint ami szükséges lenne az előbb említett kártevők természetes szelektálásához.

A 15 °C -os középhőmérsékletű napok tavaszi és őszi átlépésének időpontjai között van hazánk és így a két borvidék legmelegebb időszaka, amelynek hossza 110-120 nap körüli. Egyes években elérheti a 130 napot is (a vizsgált területen 2017, 2007 és 2012 is ilyen év volt). Ebben az időszakban fagyoktól nem kell tartani.

Mivel ez a legmelegebb időszak, a nyári napok ($T_{\max} > 25 \text{ °C}$) számának megjelenése tavasszal és ősz derekán egyre gyakoribb. Ennek száma a Zalai borvidéken 65 nap, míg a Sopronin 61 nap. (A rekord év 2018 volt az elmúlt 30 évben, 121 nyári nappal.) Mindkét borvidéken 6 nappal nőtt a nyári napok száma az elmúlt 30 évben.

A szőlőtermesztés területén nagyon fontos szélsőséges paraméter a hőségnap, amikor a legmagasabb hőmérséklet nem csökken 30 °C alá és a forró nap ($T_{\max} > 35 \text{ °C}$). A vizsgált térségben a kárpát-medencei trendhez hasonlóan jelentősen nőtt, közel 120-150%-kal a hőségnapok és a forró napok száma (4. ábra). Májusban a hőségnapok száma korábban 2 volt, az elmúlt 30 évben 4 napra emelkedett, júniusban 4-5 nap volt, 1986-2015 között már 7,5 nap, júliusban 6-7 napról 10-11 napra, augusztusban pedig 9-10 napra nőtt. Egyre gyakoribbak a hőségnapok szeptemberben is, a legmelegebb években 3-4 nap emelkedik 30 °C fölé. A hőségnapok számának növekedése szignifikáns ($p < 0,05$).

4. ábra. A hőségnapok összesített száma a Soproni és a Zalai borvidéken. A jobb szemléltetés céljából az 1956-2015 közötti időszakot ábrázolja. A változás szignifikáns ($p < 0,001$)

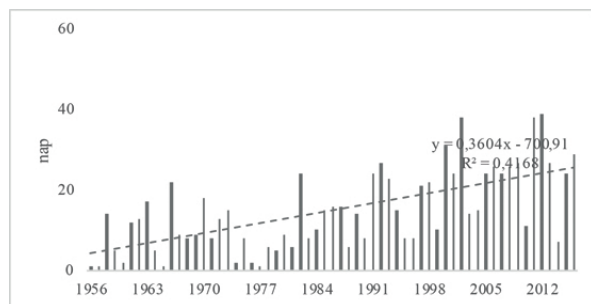


Figure 4. Cumulative number of hot days in the investigated wine regions

Nyaranta egyre gyakoribbak a trópus éjszakák ($T_{\min} < 20\text{ °C}$), melyek a hőség-, és forró napokhoz hasonlóan az asszimiláció csökkenését eredményezhetik. A trópusi éjszakák száma korábban 1 nap volt, mára ~3 nap.

A két borvidéken az egész évre vonatkozóan a legnagyobb valószínűsége az 1-3 napig tartó csapadék nélküli időszak, nyáron ez az érték 1986-2015 között 8 nap. Az 5 napnál hosszabb szakaszok esélye egész évben 32%, a 10 napnál hosszabb száraz időszakok esélye 11%, nyáron 28%, télen 9%. A száraz időszakok hossza tavasszal 1986-2015 között a Soproni borvidéken 5-6 nap, a Zalai borvidék nyugati felén 2-3 nap, a Zalaapáti-hát területén 5 nap.

A Soproni borvidék területén korábban 250-260 napig tartott a nedves időszak, októbertől június végéig. A Zalai borvidéken az 1956-1985 közötti időszakban 275 nap volt, melynek változása egyik borvidéken sem szignifikáns. A Soproni borvidéken 4 nappal rövidült, a Zalai borvidéken 6 nappal.

A csapadék szélsőségei közül a nagycsapadékú napok ($R_{\text{nap}} > 20\text{ mm}$) száma mutat szignifikáns változást. Ennek oka a konvektív eredetű, rövid idő alatt lehulló csapadék és a csapadék intenzitás növekedése a május-szeptember közötti időszakban, amelltt, hogy csökkent a zivataros napok száma.

A Soproni borvidék hóborítotttsága az 1956-1985 közötti időszak átlaga alapján 41 nap, a Zalai borvidéken 47 nap, mely az utóbbi 30 évben jelentősen változott. A havas és hótakarós napok is szignifikánsan csökkentek. Előbbi az 1986-2015 közötti időszakban 27%-kal, utóbbi 22-23%-kal.

A szőlőtermesztés szemszögéből az aktív hőösszegnek van jelentősége, mivel a szőlő $+10\text{ °C}$ felett aktív. Ez alapján megállapítható, hogy 1986 óta az aktív hőösszeg értékek jelentősen változtak a vizsgált borvidékeken, a Soproni borvidék soproni körzetén 1120 °C -ról 1240 °C -ra, a kőszegvaskeresztesi körzet területén 1090 °C -ról 1220 °C -ra, a Zalai borvidék Muravidéki körzetén 1210 °C -ról 1295 °C -ra, a Zala-menti körzetén pedig 1190 °C -ról 1280 °C -ra (5. ábra). A változás mindegyik területen szignifikáns ($p < 0,001$), a szórás értéke a Soproni borvidéken 42,57, a Zalai borvidéken 89,12.

5. ábra. Az aktív hőösszeg alakulása évente 1986-2015 között

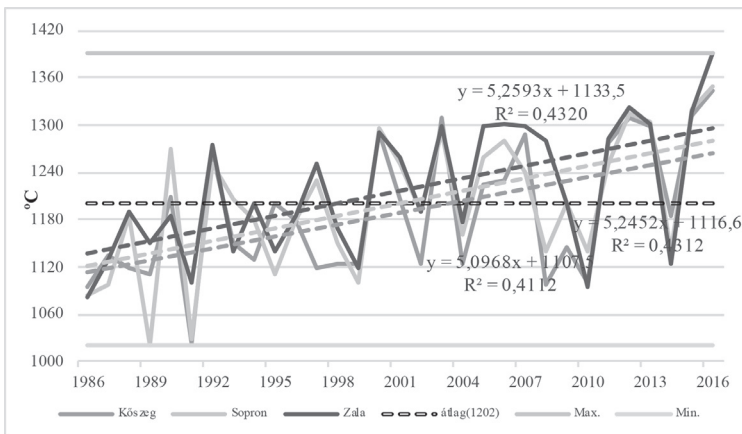


Figure 5. Value of active heat

A 15 °C feletti hőösszegek is emelkedő tendenciát mutatnak. A Soproni borvidéken 335-340 °C-ról 405-410 °C-ra emelkedett, míg a Zalai borvidéken 345-350 °C-ról 425-430 °C-ra. A 15 °C feletti hőösszegek emelkedése szignifikáns mindkét borvidéken ($p < 0,001$), de még így is elmarad az értéke az alföldi szőlőművelésre használt területekhez képest 80-100 °C-kal.

A rügyfakadás megindulásához a mi éghajlati területünkön 10-13 °C-os bázishőmérséklet szükséges. A legtöbb fajtánál már 10 °C-on megindul a vegetáció. Emiatt fontos volt vizsgálnunk a rügyfakadás és a virágzás előtti átlaghőmérsékletet. A rügyfakadás előtti 30 nap (március 15 - április 15.) átlaghőmérséklete 1,8 °C-kal emelkedett, a virágzás előtti 20 nap középértéke 15,1 °C-ról 16,4 °C-ra, a virágzás teljes ideje alatt 16,4 °C-ról 18,1 °C-ra. A változás mindkét esetben a szignifikáns ($p < 0,05$). A zsendülés előtti középhőmérséklet (július 1 - július 15.) 18,4 °C-ról 20,8 °C-ra emelkedett, az érési idő alatti középhőmérséklet 1,78 °C-kal. A szőlő növényt és a termést ért hőstresszt a szüretidei maximumhőmérséklet-indikátorral lehet elemezni. A két borvidék átlagában 22,2 °C-ról 25,4 °C-ra emelkedett.

A tavaszi fagyos napok száma emelkedett a két borvidéken, annak ellenére, hogy a minimumok, a maximumok és a középhőmérsékletek intenzív emelkedést mutatnak. Az őszi fagyos napok száma nem szignifikánsan, de csökkent mindkét borvidéken a szeptember 1. és november 30. közötti három hónapban. Az 1986 és 2015 között mért csapadékindikátorok eltérései nem szignifikánsak a legtöbb esetben, azonban a tenyészidőszaki csapadékmennyiség szignifikánsan csökkent ($p < 0,05$), 402 mm-ről 360 mm-re (szórás: 68,87).

A nyugalmi időszak csapadék mennyisége 16-18%-kal nőtt az elmúlt 30 évben az 1956-1985 közötti időszakhoz viszonyítva.

Az éves csapadékmennyiség 1986 és 2015 között nem változott szignifikánsan ($p=0,19$). A virágzás ideje alatt ($p=0,71$) és az érési idő alatti csapadékmennyiség ($p=0,18$) ugyan változott, de nem szignifikáns és az extrém száraz napok ($R_{nap} < 0,1$ mm) száma sem mutat szignifikáns változást ($p=0,24$). A tenyészidőszak csapadékos napjainak száma 1986 és 2015 között szignifikánsan csökkent ($p < 0,05$).

Az 5 cm-es és 50 cm-es magasságban mért értékek alapján megállapítható, hogy a Zalai borvidéken nagyobb az esélye tavaszi és késő tavaszi fagyoknak 10 év mérési átlagából megfigyelve. A fagyindexek értéke alapján a közepes fagykockázatú területekhez sorolható a Zalai borvidék, míg a Soproni borvidék az alacsony fagykockázatú termő területek közé. A 200 cm-es OMSZ és saját adatok azt mutatják, hogy a növekvő tavaszi hőmérséklet ellenére, nőtt a késő tavaszi fagyos napok száma, mely évről-évre a rügyek elfagyását okozza. Nagyon erős, közel 100%-os kárt okozott többek között a 2016. április 26-28. közötti fagy Zalaiban és Kőszeghegyalján is.

Fenológia

A tavaszi, rügyfakadást megelőző 30 nap hőmérsékletének eredménye, hogy a rügyfakadás ideje 7 nappal korábbra tolódott, a hőmérséklet májusi emelkedése miatt a rügyfakadás és a virágzás közötti időszak 4,5 nappal rövidült (6. ábra).

A nyári napok, hőség napok egyre gyakoribbá válása miatt a virágzás és a tömeges virágzás (kinyílt virágok aránya 60%>) korábban kezdődik a Zalai borvidéken 7, a Soproni borvidéken 5 nappal. A virágzás folyamata (1–100% kinyílás) egyes fajtánál jelentősen 20-22%-kal csökkent, másoknál nőtt. Érzékenyebbek a tenyészidőszak elején a hőmérséklet emelkedésére a fehér fajták.

6. ábra. Az egyes fenofázisok évenkénti kezdődőpontja (rügyfakadás, virágzás, szüret)

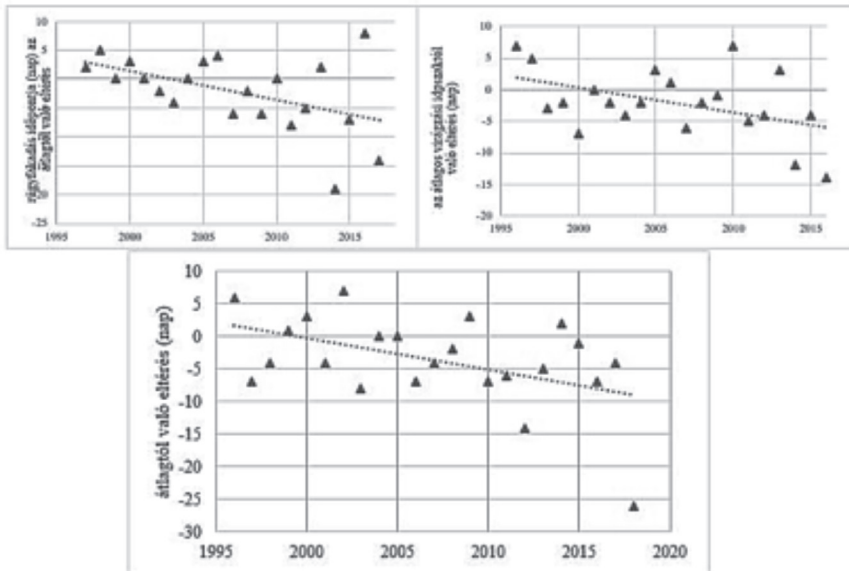


Figure 6. Time of the budbreak, flowering and harvest (all varieties)

A zsendülés kezdeti idejének eltolódása 8 nap.

Az érési időszakban a növekvő hőmérséklet és a csökkenő csapadék hatása dominált a két borvidéken. Az érési folyamata mindegyik fajtánál rövidült, gyorsabb volt a magasabb hőmérséklet miatt a cukor felhalmozódás, a bogyók hamarabb elérték az érett, szüretelésre kész állapotot, ezáltal a szüretkor mért cukortartalom magasabb, mint a korábbi átlag – egyes években az időjárástól függően alacsonyabb –, illetve a termés mennyisége is csökkenő tendenciát mutat, függetlenül más hatásoktól.

Az összes fajta esetén 11 nappal tolódott korábbra a szüret (6. ábra). Az anticiklonos napok arányának növekedésével nő a szüretkor mért cukorfok, és csökken a savtartalom. Az anticiklonos napok aránya a két borvidék területén növekedett közel 10%-kal, mely a kárpát-medencei trendnek megfelelő. Azokban az években, amikor magasabb értéket mutatott az aktív hőtöbblet (1250-1350 °C), a cukor felhalmozódás gyorsabban zajlott és az érés is gyorsabban történt, jelentősen emelkedett a cukortöbblet a mustban. A szárazság csökkentette a termés tömegét ezen belül a lényeredéket.

Érési index

Az érési index alapján a 2013 és 2018 közötti időszakra vizsgálva az index a valós értékekkel szoros korrelációt mutat. A valós adatok jelentése ebben az esetben a 2013 és 2018 közötti időszak virágzástól a szüretkéig tartó időszak hossza napokban kifejezve, a kalkulált adat pedig a hőmérsékletből és a csapadékkadatokból kifejezett elméleti érési hosszúság a fajták esetén. Minden fajtánál, sőt pincészetnél van egy érési érték, amikor a szüretet elkezdi. Ezeket négy pincészettől begyűjtöttük az évek során

és kikalkuláltuk, hogy mikor várható a szüretelés. Az érés valós megfigyelése és a kalkulált indexbeli értékek 0,79-es korrelációt mutatnak, a regresszió értéke $R=0,6452$, ha a csapadékkal is kiegészítjük a kalkulált adatokat, akkor már 0,81 a korreláció.

A 2013 és 2017 közötti időszakban az érési index segítségével megállapítható, hogy a Soproni borvidéken gyors érésű (III.) év volt 2015 és 2017, átlagos érésű (II.) év 2013 és 2014, lassú volt az érés (I.) 2016-ban. A Zalai borvidéken gyors érésű (III.) év volt 2013, 2015 és 2017, átlagos érésű (II.) év volt 2014 és lassú érésű (I.) év 2016. Megállapítható, hogy 2018 mindkét borvidéken extrém gyors érésű év volt, különösen a korai fajták esetében (69,2). A Soproni és Zalai borvidéken az érési index értéke és kategóriája hasonló tendenciát mutatnak évenként, csak kisebb, nem szignifikáns különbségek vannak. A szórás mindkét borvidéken eltérő évenként. Várhatóan az érési index segítségével már a közeljövőben 10 napra előre lehet vetíteni a megfelelő érési fázist. Az egyre megbízhatóbb meteorológiai előrejelzések és a kalkulált érési index adatok segítségével 1,5-2 hétre előre meg lehet majd tervezni a szüretelés optimális időpontját, de ehhez még több év megfigyelésére szükség van a gazdák kitaró segítségével, illetve az összes fajtára ki kell terjeszteni a kutatást.

Összegzés és következtetések

Az éghajlat változásának már látható jelei vannak a Soproni és a Zalai borvidéken. A növekvő hőmérséklet és hőtöbblet, a tenyészidőszak alatti csapadék csökkenése, a jelentősen javuló sugárzás ellátottság egyaránt arra engednek következtetni, hogy a vizsgált két tenyészterület éghajlati kondíciói javultak (nem szabad elfeledni a jóval elenyészőbb negatív hatásokat). A fenológiai fázisok eltolódtak, a kinyert lényeredék egyre jobb minőségű.

A kutatások azt mutatják, hogy a Soproni és a Zalai borvidék egyelőre az éghajlatváltozás nyertese.

Irodalomjegyzék

1. Bowen, P.A., Bogdanoff, C.R. and Estergaard, B. 2004. Impacts of using polyethylene sleeves and wave length-selective mulch in vineyards. I. Effects on air and soil temperatures and degree day accumulation. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(2): 545-553.
2. Dunkel Z., Kozma F. és Major Gy. 1981. Szőlőültetvényeink hőmérséklet- és sugárzásellátottsága a vegetációs időszakban. *Időjárás*, 85(4): 13-15.
3. Fraga, H., Garcia, de C.A.I., Melheiro, A.C. and Santos, J.A. 2016. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.13382
4. Hoffmann, M., Hoppmann, D. and Hannes, R.S. 2007. Einfluss der Klimaveränderung auf die phänologische Entwicklung der Rebesowie die Säurestruktur der Trauben. FA Geisenheim, DDW Geisenheim.
5. Laget, F., Tondut, J.L., Deloire, A. and Kelly, M.T. 2008. Climate trends in a specific Mediterranean viticultural area between 1950 and 2006. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 42(3): 113-123.
6. Lakatos L. Karácsony Z. Racskó J. Zhong-F, S. és Wang Y. 2005. A légköri szárazság hatásának vizsgálata a különböző kertészeti és szántóföldi növényfajok termésmennyiségének változására. *Agrártudományi Közlemények*, 18: 40-45.
7. Mozell, M.R. Thach, L. 2014. The impact of climate change on the global wine industry: Challenges&Solutions. *Wine Economics and Policy*, 3(2): 81-89.
8. Rakonczai J. 2013. A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájakon. Akadémiai doktori értekezés. Szeged

Response of some winegrape varieties to climate change in Sopron and Zala wine-growing regions (Hungary)

KOVÁCS, E.¹, PUSKÁS, J.¹, HAJDU, E.², KOZMA, K.³

¹ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem BDPK

²SZIE Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet

³Széchenyi István Egyetem Audi Járműmérnöki Kar

E-mail: kovacserik19@gmail.com

Summary

There are many signs of climate change in the Sopron and Zala wine-growing regions. Temperature has increased during the growing season, the solar radiation- and heat supply has improved in the investigated 1986-2015 period. Precipitation the growing season has decreased and the effective heat sum has improved. Each change has an effect on the phenological phases of grapes in the investigated regions. By the end of the above mentioned period, budbreak begun 7 days earlier, flowering started by 6.5 days and veraison by 8 days, while the harvest has been shifted by 11 days. The time between the budbreak and the flowering has shortened by 4.5 days.

Keywords: Carpathian Basin, grape, climate, climatechange, phenology

Szerzők:

Kovács Erik (kapcsolattartó szerző) – PhD – egyetemi adjunktus, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem BDPK, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

Puskás János – PhD – főiskolai tanár, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem BDPK

Hajdu Edit – CS.c – tudományos főmunkatárs, NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Kecskeméti Kutató Állomás, 6000-Kecskemét, Nyíri út 41.

Kozma Katalin – PhD – egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem Audi Járműmérnöki Kar 9026 Győr, Egyetem tér 1.