



**A Soproni és a Zalai borvidék agroklimatikus jellemzése és  
a borszőlő (*Vitis vinifera* L.) fajták fenofázisainak válasza  
az éghajlat változására**

*Doktori értekezés tézisei*

**Kovács Erik**

**Témavezető: Dr. habil. Puskás János, főiskolai tanár**

**ELTE TTK Környezettudományi Doktori Iskola**

Vezető: Dr. Jánosi Imre, egyetemi tanár

**Kitaibel Pál Multidiszciplináris Doktori Program**

Vezető: Dr. Kolláth Zoltán Sámuel, egyetemi tanár

**Eötvös Loránd Tudományegyetem**

**Budapest, 2018**

## 1. Vizsgált problémakör, célkitűzések

A jelenkori globális és a regionális éghajlatváltozás a 21. század egyik legjelentősebb természeti, ökológiai, társadalmi és gazdasági kihívása. Az egész bolygóra kiterjedő éghajlatváltozás hatásai nem kerülnek el a mezőgazdaság egyetlen ágazatát, köztük a szőlészet-borászat ágazatát sem.

Az éghajlat, mint abiotikus tényező, elsődleges meghatározója a sikeres szőlőtermesztésnek, a termőhelyek alkalmasságának a fajták számára. Az éghajlatváltozás következtében változhat a szőlőnövény biológiai ciklusa, módosulhat a tenyészidőszak fenológiai fázisainak kezdete, hossza, illetve a fajták válaszája jelentősen módosulhat.

A szőlő termésének minősége és mennyisége jelentősen függ az adott térség mikro- és mezoklimatikus adottságaitól.

Munkám céljával így azt választottam, hogy megvizsgáljam a Soproni és Zalai borvidék leggyakoribb borszőlő fajtáinak eddigi válaszáját a klimatikus változásokra. Kutatásom során arra kerestem a választ, hogy az éghajlatváltozás regionálisan milyen szinten változtatta meg a két borvidék éghajlati kondícióit a sikeres borszőlő termelés szemszögéből, illetve hogy a leggyakoribb fajták miként reagáltak a lehetséges változásokra és egy érési index kidolgozása a tudományos szakemberek, döntéshozók és a gazdálkodók számára, mely a későbbiekben akár az összes szőlőfajtán alkalmazható lesz.

A fentiek alapján a következő célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. A Soproni és a Zalai borvidék éghajlatának elemzése az elmúlt bő 35 évre vetítve.
2. A szakirodalom felhasználása alapján egy összesített klimatikus indikátorrendszer összeállítása a két borvidékre.
3. A leggyakoribb borszőlőfajták fenológiai válaszájának megfigyelése és leírása. A fenológiai fázisok, amelyeket vizsgáltam a rügyfakadás, a virágzás, a tömeges virágzás, a zsendülés és a szüret időpontja.
4. Az 1996 és 2017 közötti időszakban a szüretet megelőző Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek és a must cukorfoka közötti kapcsolat leírása.
5. Egy olyan kis adatigényű (hőmérséklet, csapadék) érési index kialakítása, melynek segítségével jól jellemezhető egy régióban az érés ideje, gyorsasága és ezáltal a várható bor minősége.

## 2. A kutatás folyamata és módszere

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 kutatást személyesen a borászok, pincészetek és gazdák segítségével végzem. Naponta terepen vagyok a rügyfakadás, fővirágzás és a szüretelés időpontjaiban. A többi fenofázis időszakában hetente többször végzek megfigyeléseket, a nyugalmi időszakban két hetente egyszer.

A fenológiai megfigyeléseket 2006-ban kezdtem a Zalai borvidék Kerka- és Muramenti hegyközségen a Bussay Pincészetnél. A fenológiai adatbázishoz magyar, horvát, szlovén és burgenlandi megfigyeléseket is felhasználtam.

Az éghajlati vizsgálatokhoz 32 meteorológiai állomás adatait használtam fel. A két legfontosabb paramétert, a hőmérsékletet és csapadékot vizsgáltam három évtizedes, egy évtizedes, éves menetében, továbbá a minél pontosabb leírás miatt, hogy ne csak egy felületes értéket kapjak, külön lebontottam évszakokra és hónapokra, továbbá agromklimatológiai vizsgálatnál nélkülözhetetlen a tenyészidőszak és a nyugalmi időszak elemzése is.

A hőmérsékletből és a csapadékból származtatott szélsőséges klimatikus paramétereken kívül a szakirodalom segítségével összegyűjtöttem a mi éghajlati területünkön is használható legfontosabb indikátorokat, melyeket a szőlőtermesztés vizsgálata céljából alkalmaznak.

Az így kapott adatokból már le tudtam írni a Soproni és a Zalai borvidék klimatikus kondícióját a szőlőtermesztés szempontjából.

Az éghajlati vizsgálatoknál lezárt kerek évtizedeket szoktak alkalmazni (pl. 1981-2010), azonban a pontos fenológiai válaszadás kiértékelésének érdekében a klimatikus viszonyokat és a fenofázisok alakulását, illetve a borvidékek éghajlati alkalmasságát az 1986-2015 közötti klímaperiódusra vizsgáltam.

A 2001-2017-ig tartó időszakban meghatározott makroszinoptikus típusok közül évente vizsgáltam a szüretelés előtti 60 napra vonatkozókat. Ezután a két borvidék hat leggyakoribb szőlőfajtájának szüreti időpontjait átlagoltam, illetve a must cukorfokát.

A kutatásom egyik fő célja egy új érési index kidolgozása volt a tudományos szakemberek, döntéshozók és a gazdálkodók számára 2013-tól. Az érési index kalkulálást és finomítását eddig a Zalai és a Soproni borvidék kiválasztott ültetvényein végeztem. Így egyelőre csak e két borvidéken tudjuk alkalmazni.

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

$$R_i = (T_{max_{08.01.-09.15.}} + T_{\text{átl}_{08.01.-09.15.}}) \pm T_{min_t}$$

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

$T_{\text{átl}}$  = 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  $T_{min} + 3$  °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, lejtőkitettség és a talaj típusa is. A lejtőkitettség 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.

Ezek alapján elmondható, 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).

A kutatás során korreláció, regresszió, t-próba és szórás analízist végeztem az véletlenszerűségek kizárása végett, a klimatológiai adatoknál homogenizálást és interpolálást végeztem.

### 3. Az új tudományos eredmények összefoglalása

1. Az 1986 és 2015 közötti időszakban a Soproni és a Zalai borvidéken az évi középhőmérséklet szignifikánsan emelkedett. 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.
2. Az 1986 és 2015 közötti 30 évben a csapadékmennyiség évi változása nem mutat egyértelmű tendenciát, nem történt szignifikáns változás. A csapadék időbeli fluktuációja az 1986 óta eltelt klímaperiódusban egyértelmű növekedést mutat a nyugalmi időszakban, míg csökkenést a tenyészidőszak alatt.
3. A csapadékkal összhangban elemeztem a talajnedvességet. A talajnedvesség minimuma általában július végére és augusztusra esik, a minimumok a vízkapacitás 50 %-a alatti értéket sehol sem érik el. Ezután a párologtató képességet elemeztem, illetve a havi csapadékvértékek többszörös egymásra következésének gyakoriságát. A leggyakrabban azzal találkozhatunk a két borvidéken, hogy egy száraz hónapot nedves hónap fog követni, illetve fordítva. Kivételek főleg nyáron mutatkoznak.
4. A Soproni és a Zalai borvidéken 30 év alatt szignifikáns növekedés következett be a Huglin-index és az aktív hőösszeg értékében, a júliusi középhőmérsékletben, a tenyészidő átlagos és maximum hőmérsékletében, az érésidő középhőmérsékletében, a szüretidő maximum hőmérsékletében, a hőség, forró és nyári napok, a trópusi éjszakák, a fagyos napok, téli napok, zord napok számában, valamint a téli és a tavaszi fagyindexek esetében is. A csapadék szélsőségei közül a nagycsapadékú napok száma mutat szignifikáns változást, amellet, hogy nőtt a száraz napok és időszakok száma és hosszúsága.
5. A két borvidék egyik pozitív irányú változása az éghajlatváltozás következményben, hogy javult a hő- és sugárzásellátottsága, ezáltal a radiotermikus-index értéke alapján ma már mindkét borvidék megfelelő kiváló minőségű bor termelésére és jó minőségű borszőlő termesztéséhez.
6. A rügyfakadás ideje a két borvidéken 7 nappal korábban történik, erős a matematikai kapcsolat a hőmérséklet és a rügyfakadás idejének eltolódása között. A rügyfakadás és a virágzás 4,5 nappal közeledett egymáshoz. A virágzás ideje változott, 6,5 nappal történik korábban, a Zalai borvidéken 7, a Soproni borvidéken 5 nappal korábban. A zsendülés kezdeti idejének eltolódása 8 nap, ennél a fenológiai fázisnál

nehéz volt összesíteni és pontos változást leírni, mivel akár 1-2 tőkesoron belül is jelentős különbségek lehetnek.

7. Összegeztem a hat megfigyelt szőlőfajta szüretidejét. Az összes fajta esetén 11 nappal tolódott korábbra a szüret, a hat fajtánál 6,5 nappal korábban történnek a Soproni borvidéken, és 5,5 nappal korábbra tolódott az ideje a Zalai borvidéken. Megállapítottam, hogy a szüretnek korábbi időpontra való eltolódásának oka a növekvő anticiklonális napok száma, ezáltal nő a hóhullámos időszakok hossza és intenzitása, szignifikánsan emelkedett a hőségnapok és forró napok száma, kevesebb a csapadék, így augusztusban és szeptember elején felgyorsul az érés és a cukorfelhalmozódás, a szüretnek korábban kezdődnek.

8. Az anticiklonális napok arányának növekedésével nő a szüretkor mért cukorfok, és csökken a savtartalom. 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.

9. A kutatásom egyik fő célja egy új érési index kidolgozása volt a tudományos szakemberek, döntéshozók és a gazdálkodók számára. Három középidei érésű fajtán végeztem a megfigyelést az érési index esetében. E három fajta a Kékfrankos, Zweigelt és a Szürkebarát volt. Az érési index alapján a 2013 és 2017 közötti időszakra vizsgálva az index a valós értékekkel szoros korrelációt mutat. A 2013 és 2017 közötti időszakban az érési index segítségével megállapítható, hogy a két borvidéken átlagos és gyors érésű évek voltak legtöbbször. 2018-ban a korai érésű fajtáknál extrém gyors érés volt megfigyelhető.

## TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

### 1. Az értekezés témájához közvetlenül kapcsolódó megjelent nemzetközileg referált, impakt faktoros és hazai szakmai/tudományos közlemények

- [1] Kovács Erik, Puskás János, Pozsgai Andrea, Kozma Katalin: Shift in the annual growth cycle of Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in West Hungary. Applied Ecology and Environmental Research: doi: 10.15666/aeer/1602\_20292042, (2018)
- [2] Kovács Erik, Puskás János, Pozsgai Andrea: Positive Effects of Climate Change on the Field of Sopron Wine-Growing Region in Hungary. Perspectives on Atmospheric Sciences. Springer: doi:10.1007/978-3-319-35095-0\_86, (2017)
- [3] Kovács Erik, Puskás, János, Bán Zsombor Balázs, Kozma Katalin: Agroklimatológiai vizsgálatok Kőszeghegyalján és Vas-hegyen. Légkör 63 (2): 68-74, (2018)
- [4] Kovács Erik, Puskás János: A regionális éghajlatváltozás egyik lehetséges nyertese a Soproni borvidék. Kertgazdaság 48 (4): 51-65, (2016)
- [5] Kovács Erik, Puskás János: A szőlő fenológiájának tanulmányozása a Zalai dombvidéken. Kertgazdaság 46 (1): 38-47, (2014)
- [6] Kovács Erik, Puskás János: Az éghajlati paraméterek és a szőlő fenológiai vizsgálata Kerkamente, Muramente és Muravidék területén. Légkör 58 (4): 156-160, (2014)
- [7] Kovács Erik, Milei Melitta: Positive Effects of Climate Change on Some Climate Indicators on the Field of Zala Wine Region in Hungary. NymE Savaria Egyetemi Központ Tudományos Közleményei Természettudományok 16: 23-34, (2016)
- [8] Kovács Erik, Puskás János: A makroszinoptikus időjárási típusok és a mustfok kapcsolata. Szőlő-Levél Szakfolyóirat 4 (7): 8-11, (2014)
- [9] Kovács Erik, Kopecskó Zsanett, Puskás János: Impact of Climate Change on Wine Regions of the Western Part of the Carpathian Basin. NymE Savaria Egyetemi Központ Tudományos Közleményei Természettudományok 15: 71-89, (2014)
- [10] Kovács Erik, Puskás János: Vas megye éghajlata. ELTE Savaria Természettudományi és Sporttudományi Közlemények 17: 31-45, (2018)

### 2. Tankönyv, szakkönyv, könyvrészlet

- [11] Kovács Erik, Puskás János: Vas megye éghajlata. In:Szerk: Csapó Tamás: Vas megye földrajza. Szakkönyv könyvfejezet. (Nyomás alatt)

### 3. Angol és magyar nyelvű konferencia előadások

- [12] Kovács Erik, Puskás János: Changes in extreme climate parameters on the Western part of the Carpathian Basin since 1950. 14<sup>th</sup> International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences. Szombathely, 27-33, (2015)
- [13] Kovács Erik, Puskás János: Regional Effects of Climate Change on the Field of Sopron Wine-Growing Region. XI. Regionális Természettudományi Konferencia. NymE-TTK Szombathely, (2016)

- [14] Puskás János, Tar Károly, Szepesi J, Kovács Erik: Statistical Investigation of Subalternation of the Daily Mean Wind Speed on the North-West Region of Carpathian Basin. COMECAP 2014: 12<sup>th</sup> International Conference of Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere. Heraklion (Görögország), 85-89, (2014) (előadó: Kovács Erik)
- [15] Kovács Erik, Puskás János: Az éghajlatváltozás pozitív hatásai a Kárpát-medence nyugati borvidékein az elmúlt 30 évben. 15<sup>th</sup> International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences. Szombathely, 259-265, (2016)
- [16] Kovács Erik, Puskás János: A borszőlő természetességi feltételeinek lehetséges változásai az éghajlatváltozás függvényében a Zalai Borvidék területén. XIII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Szombathely-Sopron, 37-44, (2014)
- [17] Kovács Erik, Puskás János, Pozsgai Andrea: Positive Effects of Climate Change on the Field of Sopron Wine-Growing Region in Hungary. COMECAP 2016: 13<sup>th</sup> International Conference of Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere, Thessaloniki (Görögország), 6-7, (2016) (Előadó: Kovács Erik)
- [18] Kovács Erik, Milei Melitta: A szőlő tenyészedejének változása a Kerka- és Muramenti Hegyközség területén. 5. Szőlő és Klíma Konferencia. Kőszeg, 30-36, (2013)
- [19] Kovács Erik: Az éghajlatváltozás és a borszőlő fenofázisai közötti kapcsolat vizsgálata a Zalai Borvidék területén. 6. Szőlő és Klíma Konferencia. Kőszeg, CD-ROM forrás, (2014)
- [20] Kovács Erik: Effects of Climate Change on the Kőszeg –Vaskeresztes Wine-Growing Region (1901-2014): 7. Szőlő és Klíma Konferencia. Kőszeg, 8-9, (2015)
- [21] Puskás János, Kovács Erik, Unger István: A must minősége Kőszegen, az időjárás és a szüret időpontja függvényében. 8. Szőlő és Klíma Konferencia. Kőszeg (megjelenés alatt), (2016)
- [22] Kovács Erik, Bán Zsombor Balázs, Kozma Katalin: Agroklimatológiai vizsgálatok Kőszeghegyalján és Vas-hegyen. 9. Szőlő és Klíma Konferencia. Kőszeg (megjelenés alatt), (2017)
- [23] Kovács Erik, Puskás János: Az éghajlatváltozás egyik regionális hatása a *Vitis vinifera* L. szüretidejének eltolódása Nyugat-Magyarország borvidékein. XIV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Gödöllő (2018. április 5-7., poszter), (2018)
- [24] Kovács Erik, Puskás János, Kozma Katalin: Early Phenological Responses of Grapevine to Climate Change in West Hungary. 14<sup>th</sup> International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics. Alexandroupolis (Görögország), (2018. október 15-17.)
- [25] Kovács Erik, Puskás János, Milei Melitta: Az éghajlatváltozás pozitív hatása Kőszeghegyalján. II. Gazdálkodás és Menedzsment Tudományos Konferencia. Környezettudományi szekció, Kecskeméti Főiskola (2015. augusztus 27.), (2015) (előadás)

### 3. Egyéb az értekezés témájához közvetlenül kapcsolódó publikáció

- [26] Kovács Erik, Puskás János: Relationship Between the Péczely's Large-Scale Weather Types and Merlot's Harvest Time. Tiszteletkötet Károssy Csaba 70. születésnapjára, Magyar Meteorológiai Társaság, 19-25, (2015) könyvrészlet
- [27] Kovács Erik: Kerkamente és Muramente éghajlatának változása és hatása a helyi mezőgazdaságra. "Kreativitás, kutatás, alkotás" Konferencia, Sopron NymE, 48-49, (2013)



#### **4. Szerkesztői tevékenység**

**[28]** XVI. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia: Az előadások összefoglalói. Szombathely, ELTE, (2017)

**[29]** 6. Szőlő és Klíma Konferencia. Az előadások összefoglalásai és a tanulmányfüzet. Kőszeg (2014. április 2.), (2017)

**[30]** 7. Szőlő és Klíma Konferencia. Az előadások összefoglalásai és a tanulmányfüzet. Kőszeg (2015. április 18.), (2017)

**[31]** Fénycsapdán innen és túl ...: Tiszteletkötet Mészáros Zoltán és Nowinszky László professzor urak 80. születésnapjára. Szombathely, Savaria University Press, (2016)