



AZ ÉGHAJLATINGADOZÁSOK HATÁSAI A SZŐLŐTERMESZTÉS FELTÉTELEIRE A MOSONI-SÍK HOSSZÚ ADATSORAI ALAPJÁN

VARGA ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Víz- és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlatingadozás mindkét formája befolyásolja a szőlőtermesztés hazai és nemzetközi helyzetét. Miközben az éghajlatváltozás következményeinek elemzése világszerte mind elmélyültebben folyik, az éghajlati változékonyság hatásvizsgálata kevésbé hangsúlyos napjainkban. Ugyanakkor a változékonysággal párosuló éghajlatváltozás komplex és reális értelmezése állítja igazán nagy kihívás elé a szakterület kutatóit és a szőlőtermesztőket, akiknek taktikai és stratégiai döntéseikben az ilyen jellegű ismereteknek is egyre nagyobb hangsúlyt kell kapniuk. A vonatkozó hazai és külföldi irodalmak áttekintése alapján számszerűsítettük a szőlő termesztése szempontjából meghatározó éghajlati feltételeket és elemeztük ezeknek az öko- vagy agroklimatológiai indikátoroknak az alakulását az utóbbi másfél évszázadban Északnyugat-Magyarországon. A kapott eredmények, melyek párhuzamosan megjelenő lehetőségeket és veszélyeket vetítenek előre a szőlőtermesztés szempontjából, - közvetve és kellő óvatossággal interpretálva - a hazánk más területein zajló makroklimatikus folyamatokba is betekintést adnak.

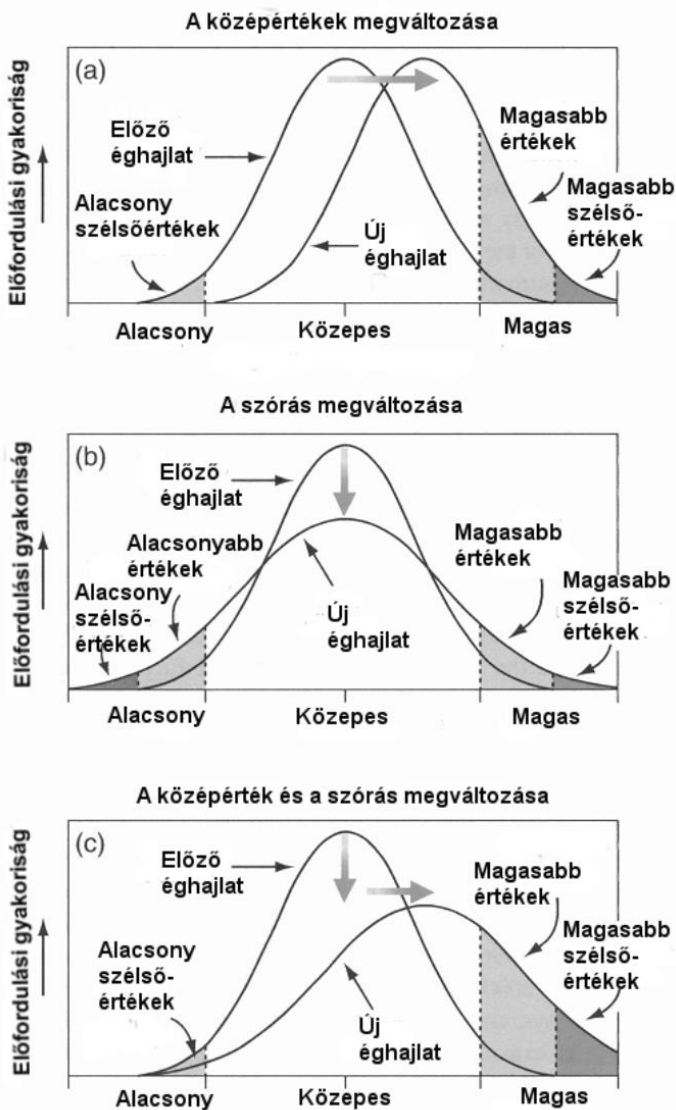
Kulcsszavak: éghajlatváltozás, éghajlati változékonyság, szőlőtermesztés, összefüggés-vizsgálat, szórás.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Mint ismeretes, az éghajlat a légköri folyamatok és jelenségek komplex rendszerének hosszútávú alakulása egy adott helyen (*Varga-Haszonits* 1977). Sok esetben túlzott leegyszerűsítést alkalmazva a kutatók csakis az átlagok alakulása alapján mutatják be az adott térség éghajlatát, miközben az ún. sokéves (általában a három legutóbbi teljes évtizedre vonatkozó) átlagok mellett fontos jellemzője a hosszútávú légköri viszonyoknak az is, hogy a meteorológiai elemek értékei milyen ingadozásokat mutatnak, milyen mértékben szóródnak az átlaghoz közeli értékek körül. A növények számára fontosak termőhelyük átlagos, illetve átlaghoz közeli meteorológiai viszonyai, mert ezekkel találkoznak a leggyakrabban, s általában ezekhez alkalmazkodva alakítják ki környezeti igényeiket, de fontosak az ezektől lényegesen eltérő, extrém meteorológiai hatások is, mert ezekre természetett növényeink fokozott érzékenységgel reagálnak (*Varga-Haszonits et al.* 2006).

Az éghajlat legjellemzőbb tulajdonsága a folyamatos ingadozás. Az éghajlatingadozás alapvetően két formában jelentkezhet: az éghajlati változékonyság esetén az éghajlati értékek folyamatos fluktuációi olyan módon történnek, hogy közben az éghajlatot statisztikailag változatlanak tekinthetjük, mivel az átlag és a szórás lényegében állandó marad. Éghajlatváltozás esetén nemcsak az aktuális meteorológiai elemértékek változnak, hanem az azok jellemzésére szolgáló statisztikai értékek is kimutatható változást jeleznek. Fontos megemlíteni, hogy a fentiekben használt terminológiát a korábbiakban hazánkban nem egységesen fogadták el, s például az éghajlatingadozás kifejezést csupán az éghajlati változékonyságra szűkítve, annak mintegy szinonimájaként használták (*Péczely* 1998), de célszerű lenne a nemzetközileg is egyre elterjedtebb és logikusabb felosztást használni.

Napjainkban általában az éghajlatváltozás vizsgálata áll az elméleti és alkalmazott klimatológiai kutatások fókuszában mind nemzetközileg, mind hazánkban. Az e területen felhalmozódott korszerű ismereteknek *Anda és Kocsis* (2010) adja jó összefoglalását.



(a) change of mean value; b) change of standard deviation; c) change of mean value and standard deviation)

1. ábra. Az éghajlatváltozás lehetséges sémái (Forrás: Houghton et al. 2001)

Figure 1. Possible patterns of climate change

Az 1. ábra mutatja be az éghajlatváltozás lefolyásának lehetséges általános sémáit. Az ábra (a) része szemlélteti az éghajlatváltozásnak azt a köztudatban is leginkább élő változatát, amikor az átlagértékek valamilyen irányú eltolódása játszódik le. Ugyanakkor a középső, (b) ábrarész is egy potenciális éghajlatváltozást jelenít meg. Ebben az esetben

a statisztikailag változatlan átlagérték mellett az adott éghajlati elem szélsőséges értékeinek gyakorisága változik meg szignifikánsan, ezzel megváltoztatva az adott elem átlaga körüli ingadozást jellemző szórást. Ha az értékek gyakorisági eloszlását szemléltető függvény ellapul, akkor az extrém értékek gyakorisága megnövekszik az átlaghoz közeli értékekhez képest. Ellenben ha a függvény alakja megnyúlik, akkor szignifikánsan lecsökken az átlagtól jelentősen eltérő, szélsőséges meteorológiai események gyakorisága. Tekintettel arra a már említett tényre, hogy az élőlények általában egy adott élőhely átlaghoz közeli értékeihez alkalmazkodnak a leghatékonyabban, s az attól jelentősen eltérő értékekhez a legkevésbé, az ilyen jellegű éghajlatváltozás is számottevő kihívásokat jelent az élővilág számára. Természetesen az sem zárható ki, hogy az átlagok eltolódása és az attól való eltérések mintázata, az elemek szórása egyszerre változik meg. Ezt szemlélteti a (c) ábrarész.

Érdeemes tehát az átlag alakulása mellett a szórás esetleges módosulását is megvizsgálni abban az esetben, amikor az éghajlati viszonyok átrendeződését és potenciális hatásait, esetünkben a szőlőtermesztésre gyakorolt befolyásának lehetséges megváltozását elemezzük. Ilyen megfontolásból ugyanis elképzelhető, hogy egy klimatikus anomália az átlagok átrendeződése szempontjából nem minősíthető éghajlatváltozásnak, ugyanakkor a szórások szignifikáns átrendeződése miatt igen.

A vizsgálati célkitűzésünk az volt, hogy részletesen elemezzük az éghajlatingadozás különböző formáinak potenciális hatását régiókban a szőlőtermesztés feltételeire - tekintettel arra, hogy ezek együttesen és komplex módon hatnak. Fontos hangsúlyozni, hogy ebben a munkában a makroklimát jellemző tendenciák feltárása volt a célunk, nem feledve azt sem, hogy a mezo- és mikroklimatikus hatások enyhén árnyalhatják az így kirajzolódó képet, ugyanakkor tudva, hogy ezek alapvetően nem változtatják meg a makroklima által biztosított éghajlati kereteket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az elemzéseket szerettük volna egyfelől az utóbbi évtizedek klimatikus történéseire összpontosítani, másfelől viszont a korábbi időszakokból levonható tanulságokra is ki szándékoztunk térni. Térségünkben a leghosszabb folyamatos meteorológiai adatsorok a mosonmagyaróvári – korábban óvári - meteorológiai állomásról származnak, ahol Masch Antal kezdeményezésére a mérések az 1840-es évek óta tartanak, s bizonyos elemekre az

1860-as évektől, viszonylag több elemre az 1870-es évek elejétől ezek folyamatos adatsorok formájában rendelkezésre is állnak (*Tenk* 2017). Agroklimatológiai adatbázisunk a lehető legteljesebb mértékben tartalmazza az eredeti mért meteorológiai adatokat. A hosszú meteorológiai adatsorok használatakor felmerül az inhomogenitás problémája, mely a folyamatosan változó mérési körülményekből adódik (*Szentimrey* 2000). A hosszú csapadék adatsorok esetén a kutatók nem feltétlenül tartják szükségesnek a homogenizálást (*Kocsis* 2010). A hőmérsékleti adatok esetében lényegesen megosztottabb a szakmai közvélemény, mivel azonban számos kollégámmal együtt nem egyértelmű számomra, hogy a homogenizálással módosított adatok ténylegesen hitelesebb alapot jelentenek a vizsgálatokhoz, valamint figyelembe véve e kutatás alkalmazott jellegét és azt, hogy ebben általában az adatsoroknak csak egy-egy szakaszát kezeljük egy egységként, talán megengedhető, hogy a közleményben az eredeti adatokat használjuk. A Mosonmagyaróvárra kapott eredményeinket főként a Mosoni-sík makroklimájára vonatkozóan tekintjük mértékadónak, s nagyobb területekre való kiterjesztésük esetén fokozott óvatossággal kell eljárni – részben a fentiekben ismertetett megfontolásokból, részben a már szintén említett mikroklimatikus hatások miatt.

A tervezett numerikus vizsgálatok kivitelezéséhez elengedhetetlen volt, hogy lehatároljuk a szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételeket. Ezt úgy valósítottuk meg, hogy kiválasztottunk néhányat az utóbbi két évtized olyan átfogó munkáiból (*Bényei et al.* 2005, *Lőrincz et al.* 2015, *Sadras et al.* 2012, *Varga-Haszonits et al.* 2006), melyek több tucat aktuális irodalmat feldolgozva mutatták be a szőlőtermesztés éghajlati igényeit. A vizsgálatainkat a nemzetközi irodalomban mind gyakrabban használt (*Holzschläger et al.* 2013, *Caubel et al.* 2015, 2018) öko- vagy agroklimatológiai indikátorokra alapozva terveztük megvalósítani, mivel ezek az adott éghajlatnak egy adott növény számára való alkalmasságát segítik számszerűsíteni növény- és fejlődési szakasz specifikusan, megteremtve ezzel a részletes, mélységi, kvantitatív agroklimatológiai elemzés lehetőségét. A fenti irodalmakat összegezve az alábbi kiemelkedően fontos kedvező termesztési feltételeket nevesítettük:

1. Száraz, meleg nyár. Ezt a komplex klimatológiai indikátort két részre bontva vizsgáltuk: külön a nyár átlaghőmérsékletét (1a) és külön a nyár átlagos szárazságát, azaz ariditási indexének alakulását (1b).

2. Hosszú, napsütéses ős. Ezt a feltételt is kettéválasztottuk, s vizsgáltuk az ős hosszát a 15 és 5 Celsius fokos értékek átlépésének távolságával (2b), valamint ezen időszak alatti napsütéses órák számának alakulását (2b).
 3. 10-16 °C közötti évi átlaghőmérséklet.
 4. Magas hőmérsékleti stresszt okozó értékek ritka előfordulása, mivel a 30 °C feletti napi maximumok csökkentik a fotoszintézist, a 35 °C feletti napi maximumok károsítják a bogyókat, míg a 40 °C feletti napi maximumok már a leveleket is. Ezért külön vizsgáltuk e három magas, hőmérsékleti stresszt okozó kategória előfordulását, nevezetesen a hőségnapokét (4a), a forró napokét (4b) és a 40 Celsius fok feletti napok gyakoriságát (4c).
 5. Az effektív hőmérsékleti összeg megfelelő értékeinek elérése. Korai fajtáknál 1000-1200 foknap a minimális igény, a késeieknél viszont ez akár 2000 foknap is lehet.
 6. A június-szeptember időszak magasabb középhőmérséklete. 1 fokos emelkedés 20 g/l cukortartalom növekedéssel jár.
 7. A hő-fény index (a vegetációs periódus alatti effektív hőmérsékleti index*potenciális napfénytartam/10⁶) kellően magas értéke. Korai fajtáknál ez általában 2,6-3,5; közepeseknél 3,5-4,5; későieknél 4,5 felett.
 8. Az éves csapadéki igény 500-600 mm közötti értéke. Ha ez több, romlik a minőség és a betegségek is gyakoribbak; de fontos az éven belüli eloszlás is!
 9. A fagykárokat okozó napi minimumhőmérsékletek ritkább előfordulása. A rügyek tavasszal 0 °C alatt, ősszel -3 °C alatt károsodnak; télen a gyökerek -5 °C alatt, a vesszők -15 °C alatt sérülnek. Ennek megfelelően vizsgáltuk a 0 Celsius fok alatti napi minimumok gyakoriságát a tenyészidőszak tavaszi részében (9a), a -3 Celsius fok alatti napi minimumok gyakoriságát a tenyészidőszak őszi részében (9a), továbbá a -15 és -5 Celsius fok közötti (9c), illetve a -15 Celsius fok alatti napi minimumok gyakoriságát télen (9d).
 10. A megfelelő páratartalom. Az alacsony légnedvesség a vízháztartásra hat negatívan, míg a magas értékek gombás megbetegedések előfordulásához vezethetnek.
- Saját korábbi vizsgálataink (*Varga-Haszonits et al.* 2006) alapján további három feltételt nevesítettünk.
11. A vegetációs periódus átlaghőmérsékletének viszonylag alacsonyabb értéke, ugyanis ennek 1 °C-os emelkedése kb. 10 nappal csökkentette a szőlő tenyészidőszak hosszát, így a potenciálisan elérhető termés hozamot.

12. 300 mm vegetációs periódus alatti csapadék. Ezen érték felett kedvezőtlen a termésre gyakorolt hatás; 350 mm felett már 10 %-ot meghaladó termésveszteség valószínűsíthető.

13. Magasabb áprilisi átlaghőmérséklet. 11 °C felett javuló terméskilátások, 13,5 °C felett már 10 %-ot meghaladó termésnövekedés valószínűsíthető.

Látható, hogy nagyon különböző klimatikus kritériumokról van szó. Találhatók közöttük viszonylag komplexebb, s viszonylag egyszerűbb éghajlati feltételek is. Ezek egy része pontosan kvantifikált, más esetben viszont csak a kedvező vagy kedvezőtlen tendenciák kerültek megjelölésre. Helyenként egymással ellentétes elvárások is megfogalmazódtak. Találtunk sugárzási, hőmérsékleti, nedvességi elemekhez kapcsolódó igényeket, illetve olyanokat is, amelyekben ezek kombinációi szerepelnek. A szőlőtermesztés által igényelt meteorológiai hatás időtartama is nagyon különbözhet. Ezért a jobb áttekinthetőség érdekében az 1. táblázatban rendezve mutatjuk be ezeket.

1.táblázat: A szőlőtermesztés éghajlati feltételeinek kategorizálása

Table :. Categorizing the climatic conditions of grape cultivation

Időtartam	Meteorológiai hatótényező		
	Sugárzás	Hőmérséklet	Nedvesség
Év		3	8
Tenyészedőszak	7	5, 7, 11	10, 12
Évszak, hónap	2	1, 6, 13	1
Nap		4, 9	

Megjegyzés: a szőlő tenyészidőszakaként az április 16. - október 15. közötti időszakot vettük figyelembe

(Meteorological factors: Radiation; Temperature; Humidity; Time intervals: Year; Growing season; Season. month; Day)

Kitűnik, hogy leggyakrabban hőmérsékleti feltételekhez kötik a növény termesztetőségét, de gyakori a megfogalmazott nedvességi igény is, s találunk sugárzással kapcsolatos elvárásokat is. A meteorológiai elemek éves, teljes tenyészidőszakra vonatkozó, évszakos vagy havi, illetve napi értékei is szerepelnek az összeállításban. Ám azt szeretnénk hangsúlyozni, hogy a meteorológiai elemek éves értékeivel kapcsolatos elvárások mezőgazdasági használhatósága megkérdőjelezhető, s inkább csak közvetett jelentőségű, ezért elemzéseinket döntően mi is a mezőgazdasági kutatások esetén releváns tenyészidőszakra fókuszáló indikátorokra alapoztuk.

A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek alakulásának vizsgálatakor matematikai statisztikai vizsgálatokat végeztünk az eredmények megbízhatóságának megállapításához. Egyrészt lineáris trendszámítással elemeztük a fent felsorolt meteorológiai elemek változásának jellegét, mértékét és – 5 %-os szinten – a változás szignifikanciáját (*Fisher és Yates 1963, Sváb 1981*) a Mosonmagyaróváron 1871-2018 között mért adatok alapján. Ezek összefoglalásaként elkülönítettük a szignifikáns (éghajlatváltozást mutató) és nem szignifikáns (azaz inkább éghajlati változékonyságra utaló) kapcsolatokat, illetve a szőlőtermesztés szempontjából kedvezőtlen és kedvező klimatikus tendenciákat. Adatbázisunkban a mosonmagyaróvári meteorológiai adatok 1951-től kezdődően állnak rendelkezésre napi bontásban, azt megelőzően általában havi értékek kerültek archiválásra. Ezért az elemzések elvégzésekor a vizsgált paramétereket két nagy csoportba osztottuk. A klimatikus jellemzők többségénél az említett vizsgálatokat a teljes vizsgálati időszakot három részre osztva végeztük el: a szőlőtermesztés meteorológiai feltételeinek változását az 1871-1920, 1921-1970 és az 1971-2018 közötti időszakokra vonatkozóan határoztuk meg. E felosztást egyfelől az indokolta, hogy így csaknem egyenlő és a klimatológiában szokásos kerek, valamint az éghajlat alakulásának vizsgálatához kellően hosszú időszakokat kaptunk, melyek előzetes várakozásaink szerint eltérően is fognak viselkedni a tervezett vizsgálatok során. Az összefüggés-vizsgálatokat természetesen a teljes 1871-2018-as intervallumra is elvégeztük. A napi adatok alapján meghatározható klimatikus feltételeket (4a, 4b, 4c, 9a, 9b, 9c, 9d) értelemszerűen csak egy szűkebb időintervallumra tudtuk számszerűsíteni, így azoknál az 1971-2018-as és az 1951-2018-as (teljes) vizsgálati periódusokat alkalmaztuk. Az 1951 előtti napfénytartam adatok hiánya miatt a 2b-ként jelölt klimatikus paramétert is az utóbbi csoportba soroltuk.

Vizsgálataink másik nagy területét az ugyanezen elemek értékei szórásában bekövetkező változások analízise jelentette. A vizsgált időintervallumot négy teljesen egyenlő részre osztva a klimatikus feltételek előbb lehatárolt nagyobbik csoportja esetén meghatároztuk az 1883-1916-os, az 1917-1950-es, az 1951-1984-es és az 1985-2018-as időszakokra jellemző szórás, majd szórásnégyzet értékeket, ezt követően elemeztük a variancia megváltozásának irányát és mértékét 2 illetve 10 %-os szignifikancia szinten kétmintás F-próbával (*Cochran és Cox 1957, Sváb 1981*). Ezen időszakok kijelölésekor – a korábbi vizsgálatoktól eltérően – a részidőszakok azonos hossza volt kiemelt szempont, valamint az, hogy a rövidebb adatsorok esetén is legyen két összehasonlítható

időintervallumunk. A napi adatok alapján meghatározható klimatikus feltételek és a napfénytartam esetén csak az utóbbi két részidőszak vizsgálatára volt lehetőség. Ekképpen ki tudtuk mutatni az éghajlatváltozás azon formáját is, amikor nem az átlag eltolódása, hanem az extrém értékek előfordulási gyakoriságának változása vált számottevő mértékűvé.

A fenti vizsgálatokat megelőzően a meteorológiai adatok eloszlásának vizsgálatára is szükség volt, bár tény, hogy az éghajlati elemek számhalmazának tagjai az esetek nagy részében normális eloszlást mutatnak (*Kocsis 2010, Kocsis et al. 2017*). A vonatkozó irodalom ezt elsősorban a termikus elemek esetén tarja érvényesnek. Saját vizsgálataink alapján úgy találtuk, hogy kellően hosszú adatsorok esetén megalapozott a higrikus elemek hosszabb időszakra vonatkozó értékeire is normális eloszlással számolni.

A statisztikai vizsgálatokat Microsoft Excel 2010 szoftver segítségével végeztük.

EREDMÉNYEK

A 2-5. táblázatok foglalják össze az elmúlt másfél évszázad különböző periódusaiban a szőlőtermesztés éghajlati feltételeiben bekövetkező változásokra vonatkozó elemzéseink eredményeit. Látható, hogy a komplex éghajlati kritériumok szükségszerű megbontása miatt mindösszesen 20 éghajlati feltétel alakulását vizsgáltuk. Vastagítással emeltük ki a szignifikáns változásokat, betűtípus használatával pedig a változások kedvező (nagybetűvel jelölve) vagy kedvezőtlen (kisbetűvel jelölve) voltát. Ezek segítségével viszonylag könnyebben átlátható, hogy szignifikáns változások leginkább az utóbbi fél évszázadban jelentkeztek, amikor az esetek kb. felében észleltünk statisztikailag igazolható változást, illetve kb. kétharmadában volt a feltételek – akár csak tendenciaszerű, nem szignifikáns – módosulása kedvező jellegű.

A 2. táblázatban bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a XIX. és XX. század fordulójának tájékán viszonylag kevés szignifikáns változást találtunk. Lényegében ezek mindegyike az év meleg időszakában a termikus viszonyoknak a szőlő számára kedvezőtlen változását jelentette. Összességében viszont az mondható el erről az időszakról, hogy a vizsgált klímaméterek várható értékeinek jelentős elmozdulása nem volt megfigyelhető ezekben az évtizedekben.

Hasonló megállapításokat tehetünk a 3. táblázat alapján a XX. század közepének agroklimatológiai viszonyairól. Sőt, az 1921-1970-es időszak éghajlati viszonyai ilyen

szempontból még stabilabbnak tűnnek; csupán a nyár vált kimutathatóan szárazabbá ekkor, az összes többi vizsgált klímajellemző értékei stagnáltak.

2. táblázat: A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek alakulása (1871-1920)

Table 2: The development of climatic conditions important for grape cultivation (1871-1920)

	1a	1b	2a	3
	nyár átlaghőmérséklete	nyár átlagos ARI értéke	ősz hossza*	évi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	-0,21 fok/évtized	0,15/évtized	1,1 nap/évtized	0,07 fok/évtized
Változás jellege	kedvezőtlen	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	nincs	nincs	nincs

	5	6	7	8
	vegper effektív hőm. összege	jún-szept átlaghőmérséklet	vegper hő- fény indexe	évi csapósszeg
Változás mértéke	-20 foknap/évtized	-0,2 fok/évtized	-0,05/évtized	8 mm/évtized
Változás jellege	kedvezőtlen	kedvezőtlen	kedvezőtlen	kedvezőtlen
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	van	van	nincs

	10	11	12	13
	vegper relatív nedvessége	vegper átlaghőmérséklet e	vegper csapósszege	áprilisi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	-0,3 %/évtized	-0,12 fok/évtized	4,9 mm/évtized	-0,11 fok/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	kedvezőtlen
Szignifikancia 5 %-os szinten	nincs	van	nincs	nincs

* őszi 15 és 5 fok átlépése közötti időszak hossza

(Rate of change; Type of change (FAVOURABLE, unfavourable); Is there significance at level of 5% (yes, no);

1a: Summer mean temperature; 1b: Aridity of summer; 2a: Length of autumn; 3: Yearly mean temperature; 5: Effective temperature sum of growing season; 6: Mean temperature of period June-Sept; 7: Temperature-light index of growing season; 8: Yearly precipitation sum; 10: Relative humidity of growing season; 11: Mean temperature of growing season; 12: Precipitation sum of growing season; 13: April mean temperature)

3. táblázat: A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek alakulása (1921-1970)

Table 3: The development of climatic conditions important for grape cultivation (1921-1970)

	1a	1b	2a	3
	nyár átlaghőmérséklete	nyár átlagos ARI értéke	ősz hossza*	évi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	0,00 fok/évtized	-0,34 /évtized	0,5 nap/évtized	-0,01 fok/évtized
Változás jellege	nincs	kedvezőtlen	KEDVEZŐ	kedvezőtlen
Szignifikancia 5 %-os szinten	nincs	van	nincs	nincs

	5	6	7	8
	vegper effektív hőm. összege	jún-szept átlaghőmérséklet	vegper hő- fény indexe	évi csapósszeg
Változás mértéke	13 foknap/évtized	-0,01 fok/évtized	0,04/évtized	5 mm/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	KEDVEZŐ	kedvezőtlen
Szignifikancia 5 %-os szinten	nincs	nincs	nincs	nincs

	10	11	12	13
	vegper relatív nedvessége	vegper átlaghőmérséklet e	vegper csapósszeg	áprilisi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	-0,2 %/évtized	0,06 fok/évtized	3,3 mm/évtized	0,25 fok/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	kedvezőtlen	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	nincs	nincs	nincs	nincs

* őszi 15 és 5 fok átlépése közötti időszak hossza

(Rate of change; Type of change (FAVOURABLE, unfavourable); Is there significance at level of 5% (yes, no); 1b: Aridity of summer; 2a: Length of autumn; 3: Yearly mean temperature; 5: Effective temperature sum of growing season; 6: Mean temperature of period June-Sept; 7: Temperature-light index of growing season; 8: Yearly precipitation sum; 10: Relative humidity of growing season; 11: Mean temperature of growing season; 12: Precipitation sum of growing season; 13: April mean temperature)

Ahogy arra már utaltunk, jelentős változások az 1970 utáni időszakban tapasztalhatók. A 4. táblázat alapján az alábbiakat állapíthatjuk meg a jelenleg is zajló éghajlatváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt potenciális hatásairól.

- A szőlőtermesztés számára előnyös száraz, meleg nyarak előfordulási gyakorisága nőtt, de ennek csak termikus része változott szignifikáns mértékben.
- A termés szempontjából szintén kedvezőnek tekinthető hosszú, napsütéses ősz gyakoribb előfordulására nem lehetett számítani. Az ősz hossza tendenciaszerűen ugyan nőtt, de az időszak napsütéses óráinak száma enyhén csökkent.
- Az irodalmak szerint a szőlőtermesztés számára az évi 10-16 °C közötti évi átlaghőmérsékletű területek biztosítanak előnyös feltételeket. Az utóbbi évtizedekben régióinkban ennek a feltételnek egyre inkább megfelelünk.

4. táblázat: A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek alakulása (1971-2018)

Table 4: The development of climatic conditions important for grape cultivation (1971-2018)

	1a	1b	2a	2b	3
	nyár átlaghőmérséklete	nyár átlagos ARI értéke	ősz hossza*	ősz napsütéses órák száma	évi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	0,64 fok/évtized	0,04/évtized	0,9 nap/évtized	-7,4 óra/évtized	0,44 fok/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	nincs	nincs	nincs	van

	4a	4b	4c	5	6
	hőségnapok száma	forró napok száma	40 fok feletti maximumhőmérséklet	vegper effektív hőm. összege	jún-szept átlaghőmérséklet
Változás mértéke	4,5 eset/évtized	0,9 eset/évtized	nincs	96 foknap/évtized	0,6 fok/évtized
Változás jellege	kedvezőtlen	kedvezőtlen		KEDVEZŐ	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	van		van	van

	7	8	9a	9b	9c
	vegper hő- fény indexe	évi csapósszeg	0 fok alatt tavasszal (ápr 16 után)	mínusz 3 fok alatt összel (okt 15-ig)	mínusz 15 és 5 fok között télen
Változás mértéke	0,25/évtized	14 mm/évtized	-0,25 eset/évtized	-0,02 eset/évtized	-0,9 eset/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	még nem kedvezőtlen	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	nincs	nincs	nincs	nincs

	9d	10	11	12	13
	minusz 15 fok alatt télen	vegper relatív nedvessége	vegper átlaghőmérséklete	vegper csapösszege	áprilisi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	-0,1 eset/évtized	-2 %/évtized	0,57 fok/évtized	12,6 mm/évtized	0,75 fok/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	kedvezőtlen	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	nincs	van	van	nincs	van

* ősz 15 és 5 fok átlépése közötti időszak hossza

(Rate of change; Type of change (FAVOURABLE, unfavourable); Is there significance at level of 5% (yes, no); 1b: Aridity of summer; 2a: Length of autumn; 2b: Autumn sunshine duration; 3: Yearly mean temperature; 4a: Number of days with maximum temperature above 30 °C; 4b: Number of days with maximum temperature above 35 °C; 4c: Number of days with maximum temperature above 40 °C; 5: Effective temperature sum of growing season; 6: Mean temperature of period June-Sept; 7: Temperature-light index of growing season; 8: Yearly precipitation sum; 9a: Number of days with minimum temperature below 0 °C in the spring; 9b: Number of days with minimum temperature below -3 °C in autumn; 9c: Number of days with minimum temperature between -15 and -5 °C in winter; 9d: Number of days with minimum temperature below -15 °C in winter; 10: Relative humidity of growing season; 11: Mean temperature of growing season; 12: Precipitation sum of growing season; 13: April mean temperature)

- Egyértelműen hátráltató fejlemény viszont a hőmérsékleti stresszt okozó magas napi maximumhőmérsékletek gyakoribbá válása. A 30 °C feletti napi maximumok már csökkenthetik a fotoszintézist, a 35 °C feletti értékek a bogyókat, a 40 °C feletti pedig a leveleket is károsítják. Ez utóbbi kategória viszont egyelőre nem jellemző nálunk.
- A tenyészidőszak effektív hőmérsékleti összegének egyértelmű emelkedése az egyre hosszabb érésidejű fajták termesztését is lehetővé teszi.
- Ezek után nem meglepő módon a június-szeptember időszak középhőmérséklete is emelkedik, aminek az adja a jelentőségét, hogy ilyenkor 1 fokos átlaghőmérséklet emelkedés átlagosan 20 g/l cukortartalom növekedéssel jár.
- A vegetációs periódus hő-fény indexének, azaz a tenyészidőszak alatti effektív hőmérsékleti indexének és potenciális napfénytartamának szorzatából egy 10⁶-val való osztással létrehozott agroklimatológiai mutatószámának a szintén statisztikailag igazolható emelkedése kedvező fejleményként értékelhető. Figyelembe véve, hogy a korai szőlőfajtáknál 2,6-3,5-ös, a közepeseknél 3,5-4,5

közötti, míg a késői fajtáknál 4,5 feletti indexértékeket szoktak igényként megjelölni, az 1970-es évek 3 alatti értékeitől a 2010-es évek végének 4 feletti értékeiig való emelkedés lehetőséget jelent az általában nagyobb produktivitású, hosszabb tenyészidejű fajták termesztésére.

- Az évi vízbevitel tendenciaszerű emelkedése potenciálisan kedvezőtlen, mert a viszonylagos csapadékbővség miatt romolhat a termésminőség és a betegségek is gyakoribbak lehetnek, de az évi csapadékösszeg nem feltétlenül jellemzi megbízhatóan a növény tényleges vízellátását, emellett a növényekre gyakorolt hatást árnyalhatja az éven belüli eloszlás is. A bizonytalanságot fokozza, hogy a meteorológiai elem egyelőre nem mutat szignifikáns változást az évi összegek alakulása szempontjából.
- A különböző erősségű fagyok – ugyan csak tendencia szintjén jelentkező - ritkább előfordulása közvetlenül kedvezően érinti a szőlőtermesztést, hiszen csökkennek a fagykárak. A rügyek tavasszal $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt, ősszel $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt károsodnak, míg télen a gyökerek $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt, a vesszők $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt szenvednek maradandó károsodásokat. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy a téli fagyok megritkulása – „talajfertőtlenítő” hatásának elmaradásával – közvetve akár kedvezőtlen következményekkel és a termesztők számára plus költségekkel is járhat.
- Mivel a magas páratartalom köztudottan gombás megbetegedéseket okozhat, a tenyészidőszak relatív páratartalmának csökkenése csökkentheti a növényvédelem költségeit, másfelől viszont ez akár a növények vízleadásának fokozásával a vízmérleg kedvezőtlenebbé válásához is vezethet.
- Saját korábbi vizsgálataink (*Varga-Haszonits et al.* 2006) alapján azt tapasztaltuk, hogy a vegetációs periódus $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os emelkedése – a fejlődés gyorsítása révén – akár 10 nappal is csökkentheti bizonyos szőlőfajták (pl. Kékfrankos) tenyészidőszakának hosszát. Ilyen módon a hőmérséklet emelkedése is járhat kedvezőtlen hatásokkal is, bár ez ellensúlyozható a hosszabb tenyészidejű fajták termesztésbe vonásával.
- Korábbi elemzéseink azt is kimutatták, hogy 300 mm vegetációs periódusbeli csapadék felett kedvezőtlen a termésre gyakorolt hatás, s 350 mm feletti csapadékösszeg már 10 % feletti termésveszteséggel járhat. Az évi csapadékalakulással párhuzamos változás szintén potenciális veszélyként értékelhető.

- Utolsó éghajlati kritériumként az áprilisi átlaghőmérséklet alakulását vizsgáltuk, melynek kimutatható emelkedése javította a terméskilátásokat.

Az 5. táblázatból az látható, hogy mivel általában az 1970 utáni időszak hozta a legnagyobb módosulást a szőlőtermesztés éghajlati feltételeit illetően, legtöbbször a teljes vizsgálható időszakot jellemző változásokat is ezek határozták meg.

5. táblázat: A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek alakulása (1871-2018. illetve 1951-2018)

Table 5: The development of climatic conditions important for grape cultivation (1871-2018 and 1951-2018)

	1a	1b	2a	2b	3
	nyár átlaghőmérséklete	nyár átlagos ARI értéke	ősz hossza*	őszi napsütéses órák száma	évi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	0,01 fok/évtized	-0,01 fok/évtized	0,4 nap/évtized	-2,7 óra/évtized	0,09 fok/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	kedvező
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	nincs	nincs	nincs	van

	4a	4b	4c	5	6
	hősnapok száma	forró napok száma	40 fok feletti maximumhőmérséklet	vegper effektív hőm. összege	jún-szept átlaghőmérséklet
Változás mértéke	2,6 eset/évtized	0,5 eset/évtized	nincs	16 foknap/évtized	0,1 fok/évtized
Változás jellege	kedvezőtlen	kedvezőtlen		KEDVEZŐ	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	van		van	van

	7	8	9a	9b	9c
	vegper hő- fény indexe	évi csapösszeg	0 fok alatt tavasszal (ápr 16 után)	mínusz 3 fok alatt ősszel (okt 15-ig)	mínusz 15 és 5 fok között télen
Változás mértéke	0,04/évtized	⁻³ mm/évtized	-0,19 eset/évtized	-0,04 eset/évtized	-1,5 eset/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	nincs	van	van	van

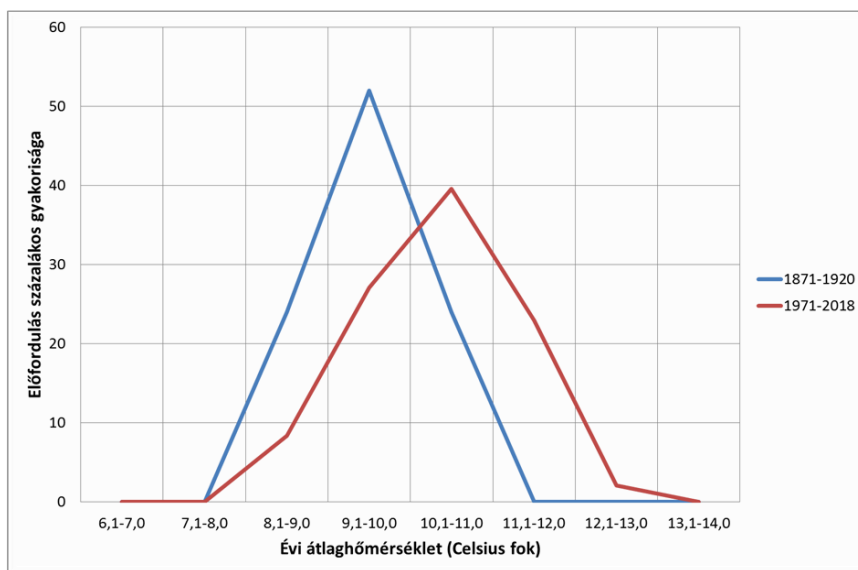
	9d	10	11	12	13

VARGA Z.

	minusz 15 fok alatt télen	vegper relatív nedvessége	vegper átlaghőmérséklete	vegper csapósszege	áprilisi átlaghőmérséklet
Változás mértéke	-0,4 eset/évtized	-0,1 %/évtized	0,09 fok/évtized	-1,7 mm/évtized	0,08 fok/évtized
Változás jellege	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ	kedvezőtlen	KEDVEZŐ	KEDVEZŐ
Szignifikancia 5 %-os szinten	van	nincs	van	nincs	van

* őszi 15 és 5 fok átlépése közötti időszak hossza

(Rate of change; Type of change (FAVOURABLE, unfavourable); Is there significance at level of 5% (yes, no); 1a: Summer mean temperature; 1b: Aridity of summer; 2a: Length of autumn; 2b: Autumn sunshine duration; 3: Yearly mean temperature; 4a: Number of days with maximum temperature above 30 °C; 4b: Number of days with maximum temperature above 35 °C; 4c: Number of days with maximum temperature above 40 °C; 5: Effective temperature sum of growing season; 6: Mean temperature of period June-Sept; 7: Temperature-light index of growing season; 8: Yearly precipitation sum; 9a: Number of days with minimum temperature below 0 °C in the spring; 9b: Number of days with minimum temperature below -3 °C in autumn; 9c: Number of days with minimum temperature between -15 and -5 °C in winter; 9d: Number of days with minimum temperature below -15 °C in winter; 10: Relative humidity of growing season; 11: Mean temperature of growing season; 12: Precipitation sum of growing season; 13: April mean temperature)



(axis x: Yearly mean temperature (Celsius degree); axis y: Relative frequency (%))

2. ábra. Éghajlatváltozás a középérték megváltozásával Mosonmagyaróváron

Figure 2. Climate change by change of mean value in Mosonmagyaróvár

A 2. ábrán bemutatott példa segítségével szemléltetjük az alapul vett éghajlatváltozási sémák közül azt az eshetőséget, amikor egy agroklimatológiai indikátor középértékének eltolódása révén valósul meg az éghajlatváltozás.

Mint azt már említettük, kétmintás F-próba formájában vizsgálat tárgyává tettük ugyanezen klímaparaméterek szórásának alakulását is. Ebben az esetben a vizsgált időszakok optimális lehatárolásának az előzőektől eltérő szempontjai miatt az eddigiektől kissé eltérő szakaszokat alakítottunk ki, melyek a következők voltak: 1883-1916, 1917-1950, 1951-1984, 1985-2018. Így a vizsgált feltételek többsége esetén négy egyenlő hosszúságú időszak varianciáját, így közvetve a szórását tudtuk összehasonlítani, a napi adatokat igénylő paraméterek esetén pedig ezek közül az utóbbi kettő időszakra terjedhettek ki elemzéseink.

A 6. és 7. táblázatok foglalják össze azokat az eseteket, amikor a variancia 10, illetve 2 %-os szinten szignifikáns megváltozását tapasztaltuk. Az elvégzett vizsgálatok kb. negyedénél találtunk ilyen, s összességében kb. minden kilencedik esetben volt 2 %-os szinten szignifikáns a variancia módosulása. A nem túl magas arány ellenére aggodalomra adhat okot, hogy a szignifikáns változások 74 %-ában – a 2 %-os szinten szignifikáns változások 89 %-ában - annak növekedését, azaz az extrém értékek gyakoribbá válását jelentette, ami kedvezőtlen lehet a szőlőtermesztés számára.

6. táblázat: A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek variációjának szignifikáns változásai 2 %-os szinten (1871-2018)

Table 6: Significant changes at level of 2 % in the standard deviation of climatic conditions important for grape cultivation (1871-2018)

változás jellege	klímaparaméter	időszak 1	időszak 2
növekedés	nyár átlagos ariditási indexe	1883-1916	1917-1950
növekedés	évi átlaghőmérséklet	1883-1916	1985-2018
növekedés	vegper. effektív hőm. összege	1883-1916	1985-2018
növekedés	vegper. hő-fény indexe	1883-1916	1985-2018
növekedés	vegper. relatív nedvessége	1883-1916	1917-1950
növekedés	vegper. relatív nedvessége	1883-1916	1951-1984
növekedés	vegper. relatív nedvessége	1883-1916	1985-2018
növekedés	vegper. átlaghőmérséklete	1883-1916	1985-2018
csökkenés	nyár átlagos ariditási indexe	1917-1950	1985-2018

(Type of change /increasing, decreasing/; Climatic parameters /Aridity of summer, Yearly mean temperature, Effective temperature sum of growing season, Temperature-light index of growing season, Relative humidity of growing season, Mean temperature of growing season/; Period 1; Period 2)

Leggyakrabban a XIX. század végéhez (1883-1916) képest az azt követő évtizedekben (1917-1950), vagy még inkább az 1980-as évektől kezdődő időszakban volt megfigyelhető az extrém értékek gyakoribbá válása. Leginkább a termikus elemeknek, azon belül is a különböző időszakok átlaghőmérsékleteinek variációjára növekedett, de a relatív nedvesség esetén is tapasztaltunk ilyen átrendeződést.

Ugyanakkor a hőség és forró napok száma esetén ezzel ellentétes tendencia volt megfigyelhető az utóbbi évtizedekben a XX. század közepéhez képest azáltal, hogy a hőmérsékleti stresszt okozó magas napi maximumhőmérsékletek egységesen gyakoribbá váltak az egymást követő években. Ilyen módon a stabilabb éghajlati viszonyok ebben az esetben nem feltétlenül kedveznek a növénytermesztésnek. Továbbá a nyár ariditásának és az évi csapadékösszegeknek a variációjára, tehát lényegében a szórása csökkent bizonyos esetekben az idő előrehaladtával, de csak gyengébb szignifikancia szinten.

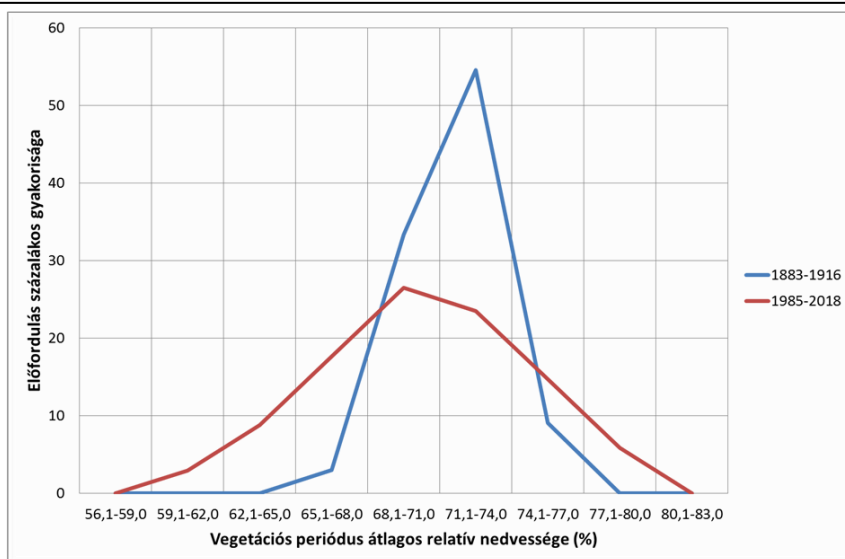
7. táblázat: A szőlő termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek variációjának szignifikáns változásai 10 %-os szinten (1871-2018)

Table 7: Significant changes at level of 10 % in the standard deviation of climatic conditions important for grape cultivation (1871-2018)

változás jellege	klimaparaméter	időszak 1	időszak 2
növekedés	nyár átlaghőmérséklete	1883-1916	1985-2018
növekedés	nyár átlaghőmérséklete	1951-1984	1985-2018
növekedés	évi átlaghőmérséklet	1883-1916	1917-1950
növekedés	évi átlaghőmérséklet	1951-1984	1985-2018
növekedés	vegper. effektív hőm. összege	1883-1916	1917-1950
növekedés	jún-szept átlaghőmérséklete	1883-1916	1985-2018
növekedés	vegper. hő-fény indexe	1883-1916	1917-1950
növekedés	vegper. átlaghőmérséklete	1883-1916	1917-1950
csökkenés	nyár átlagos ariditási indexe	1917-1950	1951-1984
csökkenés	hőségnapok száma	1951-1984	1985-2018
csökkenés	forró napok száma	1951-1984	1985-2018
csökkenés	évi csapadékösszeg	1883-1916	1951-1984
csökkenés	évi csapadékösszeg	1917-1950	1951-1984

(Type of change /increasing, decreasing/; Climatic parameters /Summer mean temperature, Yearly mean temperature, Effective temperature sum of growing season, Mean temperature of period June-Sept, Temperature-light index of growing season, Mean temperature of growing season, Aridity of summer, Number of days with maximum temperature above 30 °C, Number of days with maximum temperature above 35 °C, Yearly precipitation sum/; Period 1; Period 2)

A 3. ábrán bemutatott példa segítségével szemléltetjük az alapul vett éghajlatváltozási sémák közül azt a lehetőséget, amikor egy agroklímológiai indikátor szórásának módosulása, tehát az extrém értékek gyakoriságának növekedése révén valósul meg az éghajlatváltozás.



(axis x: Average relative humidity of the growing season (%); axis y: Relative frequency (%))

3. ábra. Éghajlatváltozás a szórás megváltozásával Mosonmagyaróváron

Figure 3. Climate change by change of standard deviation in Mosonmagyaróvár

KÖVETKEZTETÉSEK

A szőlőtermesztés regionális éghajlati feltételeinek megváltozása az utóbbi évtizedekben jelentkezett hangsúlyosabban; azt megelőzően inkább az éghajlati változékonysághoz való alkalmazkodás jelentett folyamatos feladatot. A folyamatban lévő, s a jövőben várható éghajlatváltozás jelentős mértékben az éghajlati elemek és jellemzők átlagainak eltolódása révén gyakorol befolyást a gazdálkodásra. Az ilyen jellegű eredményeink úgy összegezhetők, hogy általában a szőlőtermesztés éghajlati feltételeinek kedvező változásai vannak túlsúlyban, amit indokolhat a szőlő mediterrán származása, de a lehetőségeket realizálni is kell, például a termesztett fajták és az alkalmazott agrotechnika újragondolásával. Másfelől nagyon fontos a várható kedvezőtlen hatásokra is reagálni, végiggondolva az alkalmazkodás, védekezés, illetve a beavatkozás területén adódó lehetőségeket.

Kétmintás F-próba formájában elemeztük a meghatározó meteorológiai feltételek szórásának alakulását is azzal a céllal, hogy számszerűsítsük az extrém meteorológiai viszonyok előfordulásában bekövetkező változásokat. Aggudalomra adhat okot, hogy a variancia szignifikáns megváltozása általában annak növekedését, azaz az extrém értékek

gyakoribbá válását jelentette, ami innovatív megoldásokra ösztönözheti a szőlőtermesztőket és nemesítőket.

Az éghajlati viszonyok aktuális dinamikáját leginkább úgy lehet összefoglalni, hogy az éghajlatváltozás különböző formái és az éghajlati változékonyság együttesen állítják nagy kihívás elé a termelőket annak ellenére, hogy a szőlő melegebb égövi származása és relatív jó alkalmazkodóképessége miatt a zajló folyamatok – alakulásuk jelenlegi és a közeli jövőben várható szakaszában - nem egyértelműen kedvezőtlenek az ágazat számára.

Hangsúlyozni kell viszont, hogy e munka során a makroklímát jellemző tendenciák feltárása volt a célunk, s nem szabad megfeledkezni arról, hogy a mezo- és mikroklimatikus hatások módosíthatják az így kirajzolódó képet, még ha ezek alapvetően nem is változtatják meg a makroklíma által biztosított éghajlati feltételeket.

IMPACT OF CLIMATIC FLUCTUATIONS ON THE CONDITIONS OF GRAPEVINE PRODUCTION ON THE BASE OF LONG TERM METEOROLOGICAL DATA SERIES OF MOSONI-PLAIN

ZOLTÁN VARGA

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Department of Water and Environmental Sciences, Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Both forms of climate fluctuations affect the domestic and international situation of viticulture. While the impact assessment of climate change is deepening all over the world, the impact assessment of climatic variability is less pronounced today. At the same time, the complex and realistic interpretation of climate change coupled with climatic variability puts a great challenge on researchers in this field and on vine growers who need to gain this kind of knowledge in their tactical and strategic decisions. Based on a review of the relevant domestic and foreign literature, we quantify the climatic conditions, called as eco- or agroclimatic indicators that determine the vine cultivation and analyze their evolution in the last one and a half century in Northwestern Hungary. The results obtained which include possibilities, challenges and even hazards for viticulture,

interpreted indirectly and cautiously, provide insight into the macroclimatic processes taking place in other regions of Hungary.

Keywords: climate change, climatic variability, viticulture, correlation analysis, standard deviation analysis.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Anda A. - Kocsis T. (2010): A légköri nyomgázok hatása: az üvegházhatás és fokozódásának következményei. In: Anda A. - Kocsis T. /szerk./: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 36-74.

Bényei F. - Lőrincz A. - Sz. Nagy L. (2005): Szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó.

Caubel, J. - Garcia de Cortázar-Atauri, I. - Launay, M. - de Noblet-Ducoudré, N. - Huard, F., Bertuzzi, P. - Graux, A.-I. (2015): Broadening the scope for ecoclimatic indicators to assess crop climate suitability according to ecophysiological, technical and quality criteria. Agricultural and Forest Meteorology. 207, 94–106.

Caubel, J. - Garcia de Cortázar-Atauri, I. - Vivant, A.C. - Launay, M. - de Noblet-Ducoudré, N. (2018): Assessing future meteorological stresses for grain maize in France. Agricultural Systems. 159, 237–247.

Cochran, W.G. - Cox, G.M. (1957): Experimental designs. 2nd edition. Y. Wiley and Son, New York.

Fisher, R.A. - Yates, F. (1963): Statistical tables for biological, agricultural and medical research. 6th edition. Oliver and Boyd, London.

Holzschläger, A. - Calanca, P. - Fuhrer, J. (2013): Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. Agricultural and Forest Meteorology. 168, 149–159.

Houghton, J.T. - Ding, Y. - Griggs D.J. - Noguer, M. - van der Linden, P.J. - Dai, X. - Maskell, K. - Johnson, C.A. /szerk./ (2001): Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Kocsis T. (2010): Matematikai-statisztikai alapismeretek. In: Anda A. - Kocsis T. /szerk./: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 368-382.

Kocsis T. - Kovács-Székely I. - Anda A. (2017): Comparison of parametric and non-parametric time-series analysis methods on a long-term meteorological data set. Central European Geology 60 (3): 316-332.
<https://akademai.com/doi/pdf/10.1556/24.60.2017.011>

Lőrincz A. - Sz. Nagy L. - Zánthy G. (2015): Szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó.

Péczely Gy. (1998): Éghajlat. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Sadras, V.O.- Schultz, H.R. - Girona, J. - Marsal, J. (2012): Grapevine. In: Steduto, P. - Hsiao, T.C. - Fereres, E. - Raes, D. /eds./: Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 66. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 460-485.

Sváb J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Szentimrey T. (2000): Az éghajlati adatsorok homogenizálásának alapvető kérdései. In: Hunkár M. /szerk./: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Beszámolója az 1999. évi tevékenységről. OMSz, Budapest. 127-145.

Tenk A. (2017): Dicső múltunk I. A Magyaróvári Gazdasági akadémia XIX. századi fénykorszaka és nagy tanári kara (1818-1918). Tarandus Kiadó, Mosonmagyaróvár.

Varga-Haszonits Z. (1977): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Varga-Haszonits Z. - Varga Z. - Lantos Zs. - Enzsölné Gerencsér E. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Monográfia. Monocopy, Mosonmagyaróvár.

A szerző levélcíme:

Dr. Varga Zoltán, PhD

egyetemi docens

Széchenyi István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Víz- és Környezettudományi Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár

Vár tér 2.

E-mail: varga.zoltan@sze.hu