



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA
EGYES KERTÉSZETI, SZÁNTÓFÖLDI ÉS ERDÉSZETI
NÖVÉNYKULTÚRÁKRA**

Turcsán Arion

Gödöllő

2017.

**A doktori iskola
megnevezése:** Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola

tudományága: Agrárműszaki

vezetője: Dr. Bozó László
egyetemi tanár, akadémikus, az MTA doktora
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék

Témavezető: Dr. Szabóné Dr. Erdélyi Éva
egyetemi docens
Budapesti Gazdasági Egyetem
Közgazdasági és Módszertani Intézet

Szakmai konzulens: Dr. ir. Kristine Vander Mijnsbrugge
kutatóprofesszor (senior scientist)
Research Institute for Nature and Forest, Belgium

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. BEVEZETÉS	5
2. CÉLKITŰZÉSEK	7
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
3.1. KLÍMAVÁLTOZÁSSAL KAPCSOLATOS FŐ NEMZETKÖZI MÉRFÖLDKÖVEK.....	8
3.2. KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI HAZAI TEKINTETBEN	12
3.3. A MAGYAR AGRÁRTERMELÉS ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS KAPCSOLATA.....	14
3.4. ADAPTÁCIÓS FORDULÓPONT - „ADAPTATION TURNING POINT”.....	15
3.5. KUTATÁSOM SORÁN KIEMELT NÖVÉNYEK BEMUTATÁSA	16
3.5.1. <i>A hazai rizstermesztés bemutatása</i>	16
3.5.2. <i>A magyarországi vöröshagyma termesztés bemutatása</i>	18
3.5.3. <i>A hazai szabadföldi fűszerpaprika termesztés bemutatása</i>	19
3.5.4. <i>A haza szőlő termesztés és bor készítés bemutatása</i>	20
3.5.5. <i>Magyarország erdeinek rövid bemutatása kiemelve a kocsánytalan tölgy szerepét.</i>	21
4. ANYAG ÉS MÓDSZEREK	25
4.1. REGCM3 KLÍMAMODELL	25
4.2. A HAZAI RIZSTERMESZTÉSSEL KAPCSOLATOS KUTATÁSOM MÓDSZERTANA	26
4.3. VÖRÖSHAGYMA DUGHAGYMÁS TECHNOLÓGIA ÉRZÉKENYSÉGÉT VIZSGÁLÓ KUTATÁSAIM MÓDSZERTANA	29
4.4. FŰSZERPAPRIKA KUTATÁSAIM MÓDSZERTANA.....	30
4.5. SZŐLŐ TERMESZTÉSSEL ÉS BOR KÉSZÍTÉSSEL KAPCSOLATOS KUTATÁSAIM MÓDSZERTANA 30	
4.5.1. <i>A hazai szőlőtermelői helyzetkép megismerésére mélyinterjúk formájában</i>	30
4.5.2. <i>A szőlő termesztés és bor készítés elemzése során használt meteorológiai adatok</i> ..	31
4.5.3. <i>Szőlőtermesztésre és borkészítésre vonatkozó adatok</i>	32
4.5.4. <i>A szőlő termesztés és bor készítés elemzése során alkalmazott módszerek</i>	32
4.6. A SZÁRAZSÁG HATÁSÁNAK MÓDSZERTANA A KOCSÁNYTALAN TÖLGY CSEMETÉKRE	33
4.6.1. <i>Használt növény anyag</i>	33
4.6.2. <i>Kísérleti elrendezés</i>	35
4.6.3. <i>A kísérlet során elvégzett mérések</i>	36
4.6.4. <i>Statisztikai számítások</i>	39
4.6.4.1. <i>Modell I., a magoncok növekedését leíró modell</i>	40
4.6.4.2. <i>Modell II., a növekedés nagyságát leíró modell</i>	41
4.6.4.3. <i>Modell III., a csúcsrügy fejlődését leíró modell</i>	41

4.6.4.4.	Modell I., a túlélési esélyt leíró modell.....	42
4.6.4.5.	Modell V., a lombhullás ütemét leíró modell.....	42
5.	EREDMÉNYEK.....	44
5.1.	A RIZS FEJLŐDÉSÉNEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA.....	44
5.2.	VÖRÖSHAGYMA IDŐJÁRÁSTÓL FÜGGŐ PARAMÉTEREINEK ALAKULÁSA.....	47
5.3.	FŰSZERPAPRIKA IDŐJÁRÁSTÓL FÜGGŐ PARAMÉTEREINEK ALAKULÁSA.....	50
5.4.	SZŐLŐ TERMESZTÉS ÉS BOR KÉSZÍTÉS ÉS ÉGHAJLAT KAPCSOLATA.....	52
5.4.1.	<i>Kérdőíves felmérés a hazai szőlőtermelői helyzetkép megismerésére.....</i>	<i>52</i>
5.4.2.	<i>Szőlő - klíma eredmények.....</i>	<i>54</i>
5.4.2.6.	Vörösbor minősége és a klíma kapcsolata.....	54
5.4.2.7.	Fehérbor minősége és a klíma kapcsolata.....	58
5.4.3.	<i>Must és bor paraméter értékek várható változása a jövőben.....</i>	<i>60</i>
5.4.4.	<i>Szőlő terméskockázat elemzése.....</i>	<i>62</i>
5.5.	ERDÉSZETI NÖVÉNYEK –KOCSÁNYTALAN TÖLGY– VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI.....	63
5.5.1.	<i>Stressz tünetek az első szárazság idején.....</i>	<i>64</i>
5.5.2.	<i>A tölgy magoncok növekedése az első száraz időszak után.....</i>	<i>64</i>
5.5.3.	<i>A kocsánytalan tölgy magoncok fejlődésének mértéke.....</i>	<i>67</i>
5.5.4.	<i>A csúcsrügy állapotának jellemzése.....</i>	<i>69</i>
5.5.5.	<i>A magoncok túlélési esélye az szárazság-stressz után.....</i>	<i>70</i>
5.5.6.	<i>Őszi lombhullás ütemének leírása.....</i>	<i>72</i>
6.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	74
6.1.	RIZS.....	76
6.2.	VÖRÖSHAGYMA.....	76
6.3.	FŰSZER PAPRIKA.....	77
6.4.	SZŐLŐTERMESZTÉSRE ÉS BOR KÉSZÍTÉSRE VONATKOZÓ ÖSSZEGZŐ MEGÁLLAPÍTÁSOK..	77
6.5.	ERDÉSZETI –KOCSÁNYTALAN TÖLGY CSEMETÉK- NÖVÉNYEK.....	80
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	84
8.	SUMMARY.....	85
9.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	86
10.	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	87
11.	FOGALMAK.....	104
12.	FÜGGELÉK.....	106

1. BEVEZETÉS

„A globális felmelegedésre jelenleg gyakorolt emberi hatásra úgy is tekinthetünk, hogy globális méretű kísérletet folytatunk a Föld klímarendszerével. Sosem látott ütemű melegedésnek vagyunk tanúi, kevés, vagy nem létező tudással arról, hogy milyen instabilitások rejtőznek a klímarendszerben, és azok hogyan befolyásolhatják az életet a Földön.”

(Dr. Martin Kennedy, 2009)

Ahogy Kennedy is említi, a globális klímaváltozást egyfajta új kísérleti terepként is megközelíthetjük, minél jobban megértjük a végbemenő folyamatokat annál nagyobb eséllyel tudunk stratégiai lépéseket kidolgozni és időben reagálni a bekövetkező változásokra. Extrém időjárási anomáliákat, mint aszályokat, áradásokat, hóhullámokat és fagyos időszakokat többször dokumentáltak kontinensünkön az elmúlt évszázadok során (Masson-Delmotte et al., 2005; Zhang et al., 2007). Zhang (2007) írta le a csapadék eloszlásának szokatlan változását a XX. század során földünkön, egyszeri nagy mennyiségű csapadék lehullást, ugyanakkor abnormális hosszúságú aszályokat is dokumentált. A klímamodellek ezen időjárási jelenségek számának és hosszának növekedését jelzik előre Európában (Beniston et al., 2007, Orłowsky és Seneviratne, 2012).

A Kárpát-medencében az éghajlatváltozás erős mediterrán hatást eredményez; éves átlaghőmérséklet növekedésével, enyhe éves csapadék csökkenéssel, illetve eloszlásának időbeli eltolódásával kell számolnunk. Az extrém időjárási körülmények (aszály, áradás, hő-stressz, fagykár, stb.) gyakorisága megnövekszik. Kutatásaim során hazánk számára stratégiaileg fontos kertészeti és erdészeti fajokat vizsgáltam, és ahogy Kennedy említi, a globális felmelegedést mint egy hatalmas kísérleti körülményt kezeltem. Megvizsgáltam, hogyan reagálnak növényeink a környezeti változásokra, a várható új rendszerben.

A melegedő éghajlat jó hatással lehet a 90-es évektől alig termesztett, de az 50-es években kiemelkedő eredményeket elérő rizs számára. A szarvasi kutatóintézet nemesítői szerint is (Simonné, 2007a) érdemes lenne újra hasznosítani a még jó állapotban megtalálható rizs termesztésére korábban használt területeket. Az árasztásos hagyományos művelés mellett a növekvő igény kielégítésére előrelépés történt az organikus termesztés területén és édesvízi akvakultúrák¹ területén is (Jancsó et al., 2009). Az ún. vizesforgók alkalmazása tápanyag

visszatartás és hasznosítás miatt gazdasági és környezetvédelmi szempontból is fontos. A rövid tenészedő eddig korlátozott lehetőségekkel szolgált, de a jövőben várható változásoknak köszönhetően javulhat a helyzet.

Az éghajlatváltozás hatásának elemzése hazánkban elsősorban a gabonákra, gyümölcsökre koncentrált, néhány, hagyományosan magyarnak tekintett zöldség esetében is kíváncsi voltam mi várható a jövőben, megtalálható lesz-e a konyhában továbbra is pl. a már hungarikumnak tekintett hagyma és fűszerpaprika. Az erdészeti növények közül a tölgy szárazság tűrésére volt lehetőségem részletes vizsgálatot végezni. Reményeim szerint a kapott eredmények és a használt módszerek, a megszerzett tapasztalatok alkalmazásával kiterjeszhetőek lesznek más, az éghajlatváltozással egyre fontosabb szerepet játszó erdészeti kultúrák vizsgálatára is a jövőben.

Kísérleteimben az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén használt RegCM3 (Regional Climate Model) klímamodell verziót alkalmaztam, ami alapját az IPCC (2007) jelentésben leírt SRES A1B globális klímaforgatókönyv² adja. (Torma et al.;2011). Céloom a vizsgált növények jövőbeli várható válaszreakcióinak megértése, feltérképezése és leírása volt. Az általunk kapott eredmények egy lépéssel közelebb vihetnek minket a szükséges akciótervek kidolgozásához, továbbá lehetséges beavatkozási pontok kijelölésére. Segítségét nyújthatnak a jövőbeli környezeti változásokra való felkészüléshez, és annak lehető legjobb hasznosítására. Eredményeim hozzájárulhatnak a napjainkban felmerülő egyik legégetőbb üzleti kérdés megválaszolásához is: „*Hogyan kezeljük a változást?*” (Rónavári-Kedves and Varga, 2013).

2. CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásom során az alábbi célokat fogalmaztam meg:

- Céloom a hazai rizstermesztés (*Oriza sativa*) számára kritikus hőmérsékleti értékek meghatározása, majd a klímaváltozás révén előre jelezett (RegCM3) jövőbeli átlaghőmérséklet emelkedés hatását tanulmányozni a rizs fejlődési ütemére.
- Feladatként határozom meg, a hungarikumnak számító vöröshagyma (*Allium cepa*) dughagymás technológia érzékenységi vizsgálatát a jövőbeli klímaváltozással (RegCM3) szemben.
- Meghatározom ugyanezen jövőbeli környezeti (átlaghőmérsékleti) változások (RegCM3) hatását a szintén hungarikumnak számító hazai szabadföldi fűszerpaprika (*Capsicum annuum*) termesztés esetén.
- Céloom az adaptációs fordulópont módszer alkalmazása a hazai szőlő és bortermesztésre, célterületként az Egri és Kunsági borvidéket jelöltem ki.
- Meghatározom a helvéciai állomáson évtizedes megfigyelés során feljegyzett szőlő (*Vitis vinifera*) és bor bel-tartalmi értékek (sav és cukor tartalom) és időjárás (átlaghőmérséklet, csapadék) közötti kapcsolatot, továbbá a RegCM3 modell segítségével a klímaváltozás által jövőben bekövetkező időjárási változások hatását néhány kiemelt vörös és fehérbor fajtákra.
- Tanulmányozom a hazai erdészet számára fontos tölgycesmeték (*Quercus petraea*) szárazságra adott válaszreakcióját, ami hozzájárul a klímaváltozás által okozott folyamatok megértéséhez.
- Céloom tanulmányozni a talaj vízháztartás szempontjából különböző területről származó tölgy populációk vízhiányra adott válaszreakcióit.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Klímaváltozással kapcsolatos fő nemzetközi mérőszámok

Az emberi tevékenység által kibocsátott üvegházhatású gázok nagysága a légkörben az iparosodás előtti időszakról számítva folyamatosan növekszik. A folyamatért okolható főbb tényezők az emberi populáció exponenciális gyarapodása illetve a gazdasági és termelési aktivitás káros anyag kibocsátásának folyamatos növekedése. Az emberi tevékenységek összegének hatására a légkör metán, széndioxid és nitrogénoxid tartalma elérte az elmúlt 800,000 év során dokumentált legmagasabb értéket (Quadrelli and Peterson, 2007). A végbemenő folyamatok hatására napjainkban egyértelműen kimutatható, hogy az elmúlt évszázad során megfigyelt globális éghajlatváltozást egyértelműen emberi tevékenység okozza (Pachauri et al., 2014).

Röviden tekintsük át, hogyan jutottunk el eddig a megállapításig. Földünk átlaghőmérséklete 13,6 °C volt az ipari forradalom előtt, 1800-1870 között (Nordell, 2003). A légkör széndioxid tartalma ugyanakkor 290 ppm. Joseph Fourier volt az első, aki 1824-ben az első ipari forradalom idején, felfedezte és leírta, hogy Földünk az atmoszféra nélkül sokkal hidegebb lenne a mai hőmérsékleténél. 1859-ben, John Tyndall fejlesztette tovább Fourier elméletét és megállapította, hogy bizonyos gázok visszaverik az infravörös sugárzást és ezen gázok blokkoló hatása miatt klímaváltozás következhet be (Kaufman et al., 1998). Svante Arrhenius volt az első, aki kezdetleges számításokkal 1896-ban a klímaváltozást egyértelműen az ember által a légkörbe kibocsátott széndioxid mennyiséggel hozta összefüggésbe (Houghton, 2001). Arrhenius felfedezése idején zajlott le a második ipari forradalom és műtrágyák továbbá új növényvédő szerek bevezetése. A második ipari forradalom hatására tovább nőtt az üvegházhatású gázok kibocsátása, az újfajta növénytermelési technológiák használata a termésátlagok növekedéséhez vezetett, ami rövid és hosszú távon az emberi populáció drasztikus növekedését eredményezte (Mokyr, 1998). 1930-as években a nagy olajmezők (pl.: texasi olajmező, USA) felfedezésével és megnyitásával a világ olajtermelése és felhasználása drasztikusan nőtt (Hamilton, 2011; Painter, 2012). Az 1930-as években Milutin Milanković ismertette elméletét, ami a Föld tengelyének dőlésszögét hozta összefüggésbe a bolygónkon megfigyelt felmelegedések és jégkorszakok váltakozásával, továbbá megjelent az első globális felmelegedést jelentő riport is. Az évtized végére pedig Guy Stewart Callendar a glóbuszon elszórtan elhelyezkedő 147 meteorológiai állomás adatait felhasználva, összefüggést mutatott ki a mért hőmérséklet emelkedése és a légkör széndioxid tartalma között (Weart, 2008).

Norman Philips kifejlesztette és ezzel megalapozta a ma is használt globális klíma modell (GCM) első változatát, 1956-ban (Held, 2004). Ugyanebben az évben Charles David Keeling megkezdte a levegő széndioxid tartalmának dokumentálását két mérőállomáson (Hawaii és Antarktisz), és mintegy 4 év alatt bizonyítani tudta a Földünk légkörének CO₂ tartalmának folyamatos növekedését (Harris, 2010). 1965-ben elsőként az Egyesült Államok elnöki tanácsadói fogalmazták meg, hogy az emberi tevékenység során kibocsátott üvegházhatású gázok hatását nem szabad figyelmen kívül hagyni (Agrawala, 1998). A klímaváltozással kapcsolatban először nemzetközi szinten az 1972-ban tartott Egyesült Nemzetek (UN) konferencián foglalkoztak. A Stockholmban tartott konferencia eredményeként az ENSZ környezetvédelmi alap létrehozásáról döntöttek (UNEP). Az alap fő célja a fenntartható fejlődés elősegítése, központja Nairobi, Kenya (Haas, 2002). A következő nagy mérföldkővet a Montreali egyezmény jelentette 1987-ben, Montrealban. Az egyezmény megteremtésének alapját az 1985-ös bécsi konferencia adta, ahol az 1985-ben az Antarktisz felett felfedezett „ózon lyuk” létezéséért különböző ember által kibocsátott vegyi gázokat, főként klorofluorkarbonátokat tették felelőssé. A Montreali egyezmény fő célja az ózonréteget csökkentő gázok kibocsátásának drasztikus csökkentése volt, ugyanakkor az egyezmény az üvegházhatású gázok visszaszorítására is pozitív hatással bír (Velders et al., 2007).

1988-ban az ENSZ környezetvédelmi alap és a Meteorológiai Világszervezet (WMO) kezdeményezésére létrehozták az Éghajlat-változási Kormányközi Testületet (IPCC), ami ma is a legmeghatározóbb szerepet tölti be a klímaváltozást érintő kutatásokban. A testület célja a klímaváltozással kapcsolatos tudományos eredmények összefoglalása és értékelése. Szerkezeti felépítése 3 fő munkacsoporton alapul, munkacsoportok területei a következők: munkacsoport I, az éghajlati rendszerek működése, munkacsoport II, éghajlatváltozás hatásai és azokra való felkészülés, munkacsoport III, éghajlati rendszerekre gyakorolt emberi hatások mérséklésének lehetőségei. Ezekon kívül egy további munkacsoport is van, amely az üvegházhatású gázok éghajlat-módosító tulajdonságainak számításba vételi módszereinek kidolgozásával foglalkozik. Az IPCC tevékenységében közreműködő kutatók száma száznál több országból, több ezer (Hulme and Mahoney, 2010). Meghatározó esemény volt, Margaret Thatcher, az Egyesült Királyság miniszterelnökének 1989-es beszéde, amelyben globális megállapodást sürgetett a klímaváltozás területén. Időközben, az üzemanyagok elégetése és ipari tevékenység során a légkörbe kibocsátott szénhidrogének mennyisége elérte az éves 6 millió tonna mennyiséget (Bertram, 1992; Carvalho and Burgess, 2005).

Az első IPCC jelentést 1990-ben hozták a nyilvánosságra. A jelentésben megfogalmazzák, hogy az elmúlt évszázad során + 0,3-0,6 °C Föld átlaghőmérséklet emelkedést dokumentáltak. A kutatók előrevetítik azt is, hogy az emberi tevékenység által kibocsátott üvegházhatású gázok az eddig a légkörben jelenlévő gázokkal együtt valószínűsíthetően további felmelegedéshez vezetnek

majd (Houghton and Callander, 1992). Az első megállapodás, ami kimondja, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátását stabilizálni kell arra a szintre, ami nem okoz súlyos beavatkozást a Föld klímarendszerébe, az 1992-es Rio de Janeiróban rendezett válságkonferencián született. Ugyanakkor, a fejlődő országok az 1990-es kibocsátási szinthez való visszatérésben állapodtak meg (Quarrie, 1992). A második IPCC jelentés 1995-ben került publikálásra. A jelentés legfőbb mondanivalójaként kiemeli, hogy az emberi tevékenység nagyban hozzájárul a Földön végbemenő éghajlatváltozáshoz (Houghton, 1996).

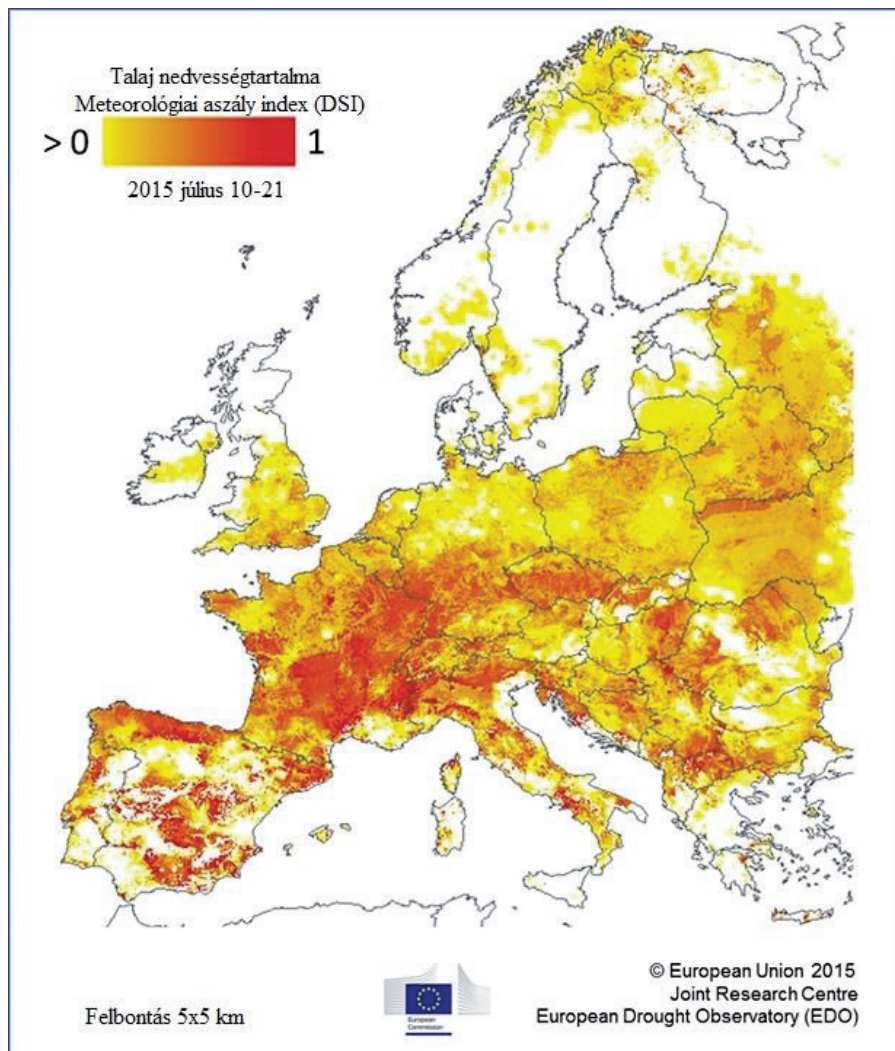
A következő fontos egyezmény 1997-ben született Kiotóban. Az aláíró országok vállalták, hogy az aláírást követő évtizedekben a széndioxid kibocsátásukat az 1990-es szinthez képest 5,2 százalékkal csökkentik. 2006-ig 169 állam csatlakozott az egyezményhez (Grubb et al., 1999), ugyanakkor az Egyesült Államok a mai napig nincs köztük. Kína, mint a második legnagyobb kibocsátó, csatlakozott ugyan az egyezményhez, de külön feltételekkel, ami nem szorítja látványosan vissza az üvegházhatású gázok termelését. 2014-ig kellett várni, amíg megegyezés született a két ország között, amelyben az USA vállalta hogy káros anyag termelését a 2005-ös szint alá csökkenti 2025-ig (House and Sheet, 2014). 1998-ban egy erős El Nino³ jelenség alakult ki, ami a klímaváltozással együtt eddig nem mért 0,52 °C -al magasabb átlaghőmérsékletet eredményezett az 1961-90-es évek átlagértékéhez képest (Timmermann et al., 1999). Ugyanebben az évben mutatták be az úgynevezett „hokiütő” grafikont, ami az Északi félteke átlaghőmérséklet növekedését mutatja be az elmúlt ezer év során és rámutat, hogy napjainkban ez a tendencia felgyorsult (hokiütő vége) (Mann et al., 1998).

2001-ben az IPCC kiadta a negyedik jelentését. A jelentés tartalmilag szorosabb kapcsolatot fogalmazott meg az ember által kibocsátott üvegházhatású gázok és a klímaváltozás között, ugyan még mindig nem tette az emberiséget egyértelműen az éghajlatváltozásért felelőssé (Smith et al., 2009). 2005-ben a Kiotói Egyezmény lépett életbe azon országok között, akik ratifikálták az egyezményt (Lau et al., 2012). Ugyanebben az évben Tony Blair a G8-ak találkozóján a klímaváltozást választja központi témának (Carter and Jacobs, 2014). Rá egy évre Nicholas Stern nyilvánosságra hozza a riportját, amelyben megállapítja, hogy a klímaváltozás okozta GDP kiesés elérheti a világ GDP-nek 20%-át, ha nem történik semmi beavatkozás. Megfelelő stratégiák kidolgozásával viszont a GDP 1%-át kellene csak erre fordítani, és a probléma megoldható lenne (Anwar et al., 2013). Ugyanebben az évben a széndioxid kibocsátás elérte a 8 milliárd tonnát évente (Olivier et al., 2012). 2007-ben az IPCC negyedik jelentésében kijelenti, 90%-os valószínűséggel az emberi tevékenység rovására írható a Föld átlaghőmérsékletének emelkedése (Bernstein et al., 2007). Szintén 2007-ben Al Gore Nobel béke díjat kapott a klímaváltozással kapcsolatos tevékenységéért (Gillis, 2013), és az Egyesült Nemzetek találkozóján Balin, a résztvevő országok célul tűzték ki 2009-ig egy globális egyezmény

„bali road map” létrehozását a klímaváltozás terén (Clémençon, 2008). 2008-ban a Kelling program kimutatta hogy a Föld légkörének CO₂ koncentrációja elérte a 380 ppm értéket, ami kiemelkedően magas a program kezdetén, 1958-ban mért 315 ppm értékhez képest (Beck, 2008). A következő nagy mérföldkő az úgynevezett „ClimateGate” ügy elindítása volt. 2009-ben számítógépes hackerek feltörték a Kelet Angliai Egyetem Klíma kutató intézetének szerverét és letöltötték a kutatók közötti levelezéseket. A levelezések nyomán kialakult egy erős úgynevezett klímaváltozás megkérdőjelezése mozgalom (Leiserowitz et al., 2013). Közben, ugyanebben az évben rendezett Koppenhágai Egyesült Nemzetek konferenciája a nagy elvárásokhoz képest csupán egy ellentmondásos nyilatkozattal zárult (Dimitrov, 2010), ami nem hozott nagy áttörést.

A 2010-es év folyamán a közvélemény és a tudományos élet nyomása erősödik, a klímakutató tudósokra az eredményeik és esetleges szabálytalanságaik tisztázására. Az Egyesült Nemzetek mexikói találkozója a várttal ellentétben nem hiúsult meg, viszont nem zárult különösebben nagy eredményekkel (Ewing and Kuntjoro, 2011). A következő évben egy új részletes elemzést publikáltak, amiben bebizonyítják, hogy a Föld átlaghőmérséklete bizonyíthatóan növekedett az elmúlt évszázadban, továbbá azt, hogy az üvegházhatású gázok légköri mennyisége további drasztikus növekedést mutat (Marcott et al., 2013). 2012 nyarán az Antarktisz elérte az eddig mért legkisebb kiterjedésér: 1,32 millió km² a megszokott 3,41 millió km²-hez képest (Marcott et al., 2013). Ugyanebben az évben az atmoszférában a légköri széndioxid koncentráció elérte a 400 ppm-et (Kunzig, 2013). Ekkor adja ki az IPCC az ötödik jelentését, amiben 95%-os valószínűséggel az embert teszi felelőssé a klímaváltozásért (Stocker et al., 2013). A riportot 2014 és 2015 évek során véglegesítették (Pachauri et al., 2014). Az utolsó és egyik legfontosabb mérföldkövet a 2015-ös év végén tartott klímakonferencia jelentette, amelyen több mint 150 államfő jelenlétével 195 ország vett részt. Zárásként elfogadtak egy egyetemes klíma-megállapodást, ami célul tűzte ki a Föld átlaghőmérséklet emelkedésének 2 °C alatt tartását 2100-ra (Lane, 2016).

Jól látható, hogy számos találkozó és egyezség született az elmúlt évtizedben, ugyanakkor a széndioxid szint folyamatosan növekszik és a Föld átlaghőmérséklete az iparosodás előtti 13,6 °C –hoz képest elérte a 14,6 °C -ot ami látható egy fokos emelkedést jelent (Lindström et al., 2013). A probléma fontosságát mutatja továbbá a meteorológiai aszály⁴ 2015 júliusában mért magas értékeit Európa szerte (1. ábra).

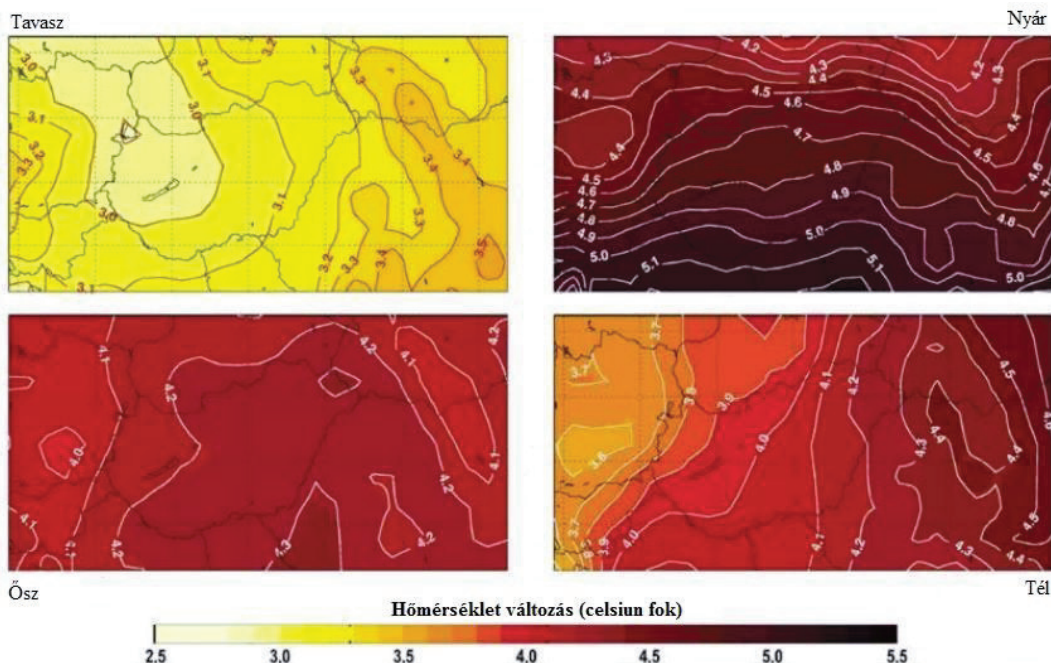


1. ábra: 2015 július második dekádja során megfigyelt Európa meteorológiai aszály index értékei (E.D.O., 2015).

3.2. Klímaváltozás hatásai hazai tekintetben

Hazánk az elsők között csatlakozott a Kiotói Egyezményhez, amiben az üvegházhatású gázok⁵ kibocsátásának 6%-os csökkentését vállalta a bázisidőszakhoz képest (Weinhoffer, 2011). Az üvegházhatású gázok kibocsátása jelenleg az 1985-ben mért 112,471,000 tonnához képest drasztikusan csökkent, 2013-ban csupán 66,938,000 tonnát mértek (KSH, 2016). A nagyarányú csökkenés okai közé sorolható a hazai ipar erős visszatorzulása az utóbbi évtizedekben. A klímaváltozás magyarországi hatásaival és kivédési lehetőségeivel számos hazai tanulmány is foglalkozik (Turcsán and Erdélyi, 2011; Gálos et al., 2012; László, 2012; Petz et al., 2012b; Révész and Zalai, 2012; Szentleki et al., 2012a; Turcsán et al., 2014).

Megállapítható, hogy Magyarország a földrajzi elhelyezkedése - mindenképp medence helyzete miatt - jobban ki van téve a klímaváltozásnak és annak következményeinek, mint a környezete, 1 °C-os globális hőmérsékletemelkedés mellett 1.6 °C-os hazai hőmérsékletemelkedéssel kell számolnunk. Más szóval ez a 2100-es évekre 3,2 °C-os átlaghőmérséklet emelkedést jelent, ha figyelembe vesszük, hogy a COP21 során született egyezség tarthatóvá válik. Ugyanakkor bizonyos klímamodellek még ennél is erősebb emelkedést jeleznek előre hazánk szempontjából (2. ábra).



2. ábra: PRUDENCE hőmérséklet előrejelzés 2071-2100 (Christensen et al., 2007)

A jövőben egyértelműen mediterrán hatás erősödése várható, ami az átlaghőmérséklet emelkedésével és az évi csapadékeloszlás változásával (enyhe csökkenésével és a téli időszakra tolódásával) jár. Emellett várható az éghajlati szélsőségek, úgymint heves esőzések és viharok gyakoribbá válása is (Bártholy, 2006, Bartholy et al., 2011). Ez utóbbi változást az elmúlt évek alatt már magunk is megtapasztalhattuk.

A nyarak szárazabbá válásával a már most is komoly gondokat okozó aszály erősödésével kell számolnunk (Petz et al., 2012a). Az aszály következményeként számolnunk kell továbbá a kártevők gradációjával, az élőhelyek elsivatagosodásával és a talaj biológiai funkciók megváltozásával, a tűzveszély növekedésével is (Christensen et al., 2007). Magyarország az erdő és sztyepp övezet határán fekszik. A várható változások a sztyeppesedés irányába fogják eltolni az ország természetes növényzetét, ami a xerofil gypfajok, tágtűrűsű gyomok elszaporodásával járhat. Az ország szárazabbá válása miatt a víz ingadozására érzékeny vizes élőhelyek különösen

veszélyeztetettek. Emellett a szántóföldi kultúrák, ezek közül is a monokultúrák a legsérülékenyebbek.

A hazai mezőgazdaság szempontjából a vizes élőhelyek megőrzése és fejlesztése, a hosszú távú stratégiák kidolgozása kulcsfontosságú (Petz et al., 2012a). Az aszályos hónapok hatásának enyhítése képpen fontos növelnünk az öntözhető területek nagyságát, fejleszteni az öntözőcsatorna-hálózatunkat. E fejlesztések révén a természetes ökoszisztéma rendszerek fennmaradását is elősegítjük a változó klímával szemben. Hazánk földrajzi adottságai révén a nagy termőtájaink öntözése könnyen megoldható lenne, hiszen a domborzat szempontjából kedvező adottságokkal rendelkezünk, továbbá adottak hozzá a nagy folyóink is. Számolnunk kell a folyók vízhozamának csökkenésével, ugyanakkor még egy enyhébb vízhozam csökkenés során is megfelelő mennyiségű víz állna a mezőgazdaság rendelkezésére.

3.3. A magyar agrártermelés és klímaváltozás kapcsolata

A különböző klímaforgatókönyvek az átlaghőmérséklet emelkedését és az extrém időjárási események számának növekedését vetítik előre hazánkban (Ladanyi et al., 2007; Erdősi, 2011; Szenteleki et al., 2012a). A Kárpát-medence földművelése különösen kitett a klímaváltozás okozta jövőbeli időjárási viszonyoknak (Ladányi and Erdélyi, 2009; Olesen et al., 2011). Szőlőtermesztés szempontjából hazánk a potenciális szőlőtermő zóna északi határán helyezkedik el. A klímaváltozás hatására előre jelzett klimatikus zónák eltolódásával borvidégeink számára továbbra is optimális környezeti feltételek állnak rendelkezésre a jövőben (Gaál et al., 2012). Szőlő szempontjából az eddigi hazai kutatások célja a termesztési kockázatok felmérésére, modellezésére irányult a klímaváltozás tükrében (Ladanyi et al., 2007; Szenteleki et al., 2008; Szenteleki et al., 2012b), továbbá, a tenyészidőszak során a rügpattanás időpontjának eltolódását is vizsgálták (Hlaszny, 2013).

Magyar gyümölcsstermesztés tekintetében Gaál et al. (2011 és 2012b) foglalkozott a meggy-, cseresznyetermesztés és a klímaváltozás kapcsolatával, illetve Ladányi et al. (2009) tanulmányozták a nyári meleg meggy termésre gyakorolt hatását. Szenteleki et al. (2012a) végzett termésbiztonsági elemzéseket cseresznye, meggy és szőlő termesztésre vonatkozóan. Kertészeti növények tekintetében kutatást folytattak az almatermesztés jövőbeli változásainak alakulásáról (Lakos and Erdélyi, 2010). Szántóföldi növények tekintetében több kutatás is folyt, foglalkoznak az őszi búza (Erdélyi, 2008), őszi árpa (Novák and Erdélyi, 2010) illetve a kukorica (Erdélyi and Ladányi, 2005; Boksai and Erdélyi, 2007; Erdélyi et al., 2008; Boksai and Erdélyi, 2009) és klímaváltozás hazai vonatkozásaival.

A Kárpát-medence növényvilágán kívül a növénytermesztés szempontjából fontos rovarpopulációk és a klímaváltozás viszonya is tanulmányozásra került (Ladányi and Horváth, 2010), továbbá elemezték a változó éghajlati körülmények hatását a hazai csipkés poloska populációra (Hufnagel and Ladányi, 2006).

A felsorolt kutatások alátámasztják a klímaváltozás és hazai növénytermesztés kapcsolatának fontosságát. Ugyanakkor hazai viszonylatban például a must és bor beltartalmi értékei és a változó éghajlat viszonya kevésbé kutatott, a szőlőtermelők válaszreakcióinak feltérképezése is számtalan megválaszoltalan kérdésre keresi a választ. Kertészeti kultúrák szempontjából is számos növény termesztésének alakulása kérdéses. Ilyen pl. a hazánk szempontjából fontos, hungarikumnak tekinthető növények, a fűszerpaprika és a hagyma. Napjainkban, éghajlatváltozással együtt élve, természeti kincsek értéke rohamosan felértékelődik. Erdeink jövőbeli regenerációjának üteme szintén fontos, de eddig kevésbé kutatott témának tekinthető.

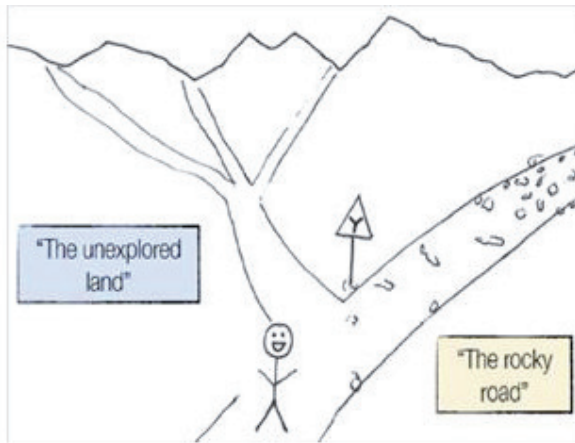
3.4. Adaptációs fordulópont - „Adaptation turning point”

Éghajlatváltozással számtalan kutatás foglalkozik, a különböző forgatókönyvek +1-6 °C-os átlaghőmérséklet emelkedéssel számolnak (McCarthy, 2001). Az adaptációs „turning point” elmélet a múltban zajlott és a jelenben futó folyamatokat foglalja össze, majd a klímaforgatókönyvek figyelembevételével a lehetséges jövőbeli változásokat elemzi. A változások megértése révén lehetőség nyílik az időben történő beavatkozásra, ami csökkentheti a klímaváltozás okozta negatív hatásokat (Kwadijk et al., 2010; Turcsán et al., 2014).

James Hansen használta először az adaptációs „tipping point” elméletet a klímaváltozással összehangolva, 2005-ben. Ezt követően két éven belül az elmélet széles körben elfogadottá vált a tudományos közélet számára (Russill and Nyssa, 2009). A bizonytalansági tényezők magas foka ellenére az elmélet megfelelően mutatja a változások irányát és támpontot nyújt esetleges stratégiák kidolgozásához (Kriegler, 2009). Többek között a jövőbeli tengerszint változások elemzésére és alkalmazkodási stratégiák kidolgozására mutatkozott hasznosnak (Huntington, 2012).

Az adaptációs „turning point” módszer a természeti folyamatok elemzésén túl figyelembe veszi a klímaváltozás hatását, a társadalmi és ökológia rendszerek, valamint a szereplők érdekeit is (Werners, 2012).

Felhasználva ezeket az adatokat és eredményeket különböző jövőbeli forgatókönyvek, és alkalmazkodási stratégiák kidolgozására nyílik lehetőség. Időbeli és szakszerű beavatkozás révén a jövőbeli esetleges negatív hatások kiküszöbölhetők, enyhíthetők, illetve akár pozitív irányba dönthetik el a gazdasági mérleg nyelvét. Az elméletet a 3. ábra szemlélteti, ahol az ember a



3. ábra: Adaptációs fordulópont bemutatása (Turcsán et al., 2014).

jelenlegi gazdálkodási módot folytatja. A kövek a jövőbeli nehézségeket szimbolizálják, amelyek megnehezítik az előrehaladást a jelenlegi gazdálkodási mód alkalmazásával. Ezt a szakirodalom „*the rocky road* - köves út” szemléltetnek nevezi. Az adaptációs „*turning point*” elérésekor új alternatív lehetőségek jelentkeznek az ún. „*the unexplored land* - felfedezetlen vidék” képében. Szemléletesen, e lehetőségek révén és új úton haladva, a köves út, vagyis

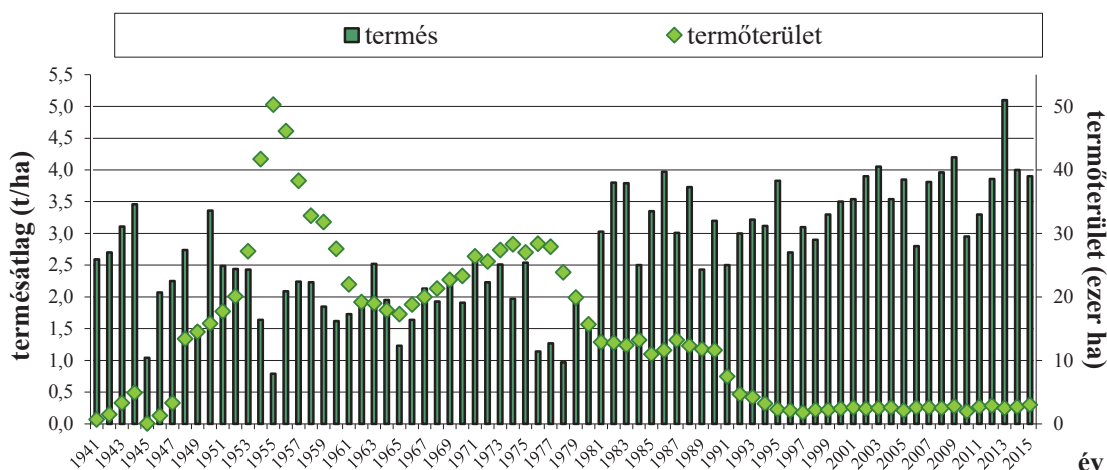
a klímaváltozás okozta negatív hatások, kiküszöbölhetők (Werners, 2012). Az adaptációs „*turning point*” elmélet alkalmazása árvízvédelmi és természeti értékek megőrzése, lazac populáció visszatelepítése és borszőlő termesztése kapcsán történt eddig (Werners, 2012; Turcsán et al, 2014).

3.5. Kutatásom során kiemelt növények bemutatása

3.5.1. A hazai rizstermesztés bemutatása

Hazánkban a rizstermesztés több százados múltra tekint vissza, bár a köztudatba kevésbé ivódott be a magyar rizs, a többi gabonanövényhez képest. Hazai rizstermő területünk az elmúlt évek során enyhe növekedést mutat (Commission, 2014), ugyanakkor sajnálatos módon a magyar rizs mindig is perifériára szorult. Legnagyobb területi nagyságát az 50-es évek közepén érte el (50 ezer ha), azóta a fokozatos visszaszorulás után az elmúlt években stagnál a magyar rizs termesztése (4 ábra) (Simonné, 2007b).

Rizs, termésátlag és termőterület alakulása Magyarországon



4. ábra: Rizs termésadatok alakulása Magyarországon (forrás: a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ adatai alapján saját szerkesztésű ábra)

Magyarország EU-csatlakozása során mindössze 3222 ha-ra kapott kvótát⁶. Sajnos a mostani területek még ezt a nagyságot sem érik el, jelenleg közel 3000 ha-on folyik rizstermesztés hazánkban. Bár sok kiváló magyar rizsfajta áll rendelkezésünkre a piacon (például Sandora, Köröstáj, Ábel, Bioryza), és egyre divatosabb a hazai termékek vásárlása, mégsem tud a hazai piacokon jól érvényesülni (Simonné, 2007a). Az elmúlt közel 30 évben 40%-kal nőtt a globális rizsfogyasztás (62-ről 86 kg/fő/év-re) viszont hazánk (5 kg/fő/év) jóval elmarad a világlágtól (Simonné, 2007b). A reformtételek egyre szélesebb körű elterjedése további – eddig javarészt kiaknázatlan – lehetőségeket kínál, hiszen a rizs könnyen emészthető és magas a B6 vitamin tartalma (Kabir et al., 1983). Ezen felül az emelkedő üzemanyagárak pedig új piaci lehetőségeket teremthetnek a komoly konkurenciát jelentő, viszont nagy távolságokról, így jelentősen megnövelt környezetterheléssel érkező külföldi rizzsel szemben. Hazánk a rizstermesztés északi határán húzódik (Simonné, 2007b), a klímamodellek átlaghőmérséklet emelkedést jeleznek elő, ami új lehetőségeket nyithat a hazai rizstermesztés számára (Turcsán and Erdélyi, 2011).

3.5.2. *A magyarországi vöröshagyma termesztés bemutatása*

A hazai vöröshagyma termesztés a 1970-es években érte el területi maximumát, majd lassú területbeli csökkenés, de ugyanakkor termésátlag növekedés figyelhető meg. A vöröshagyma fő termőterülete jelenleg közel 7 ezer ha és a délkeleti országrészre összpontosul (Balázs, 1994). Hazánkban az egyik legnagyobb vöröshagyma-termesztő terület Makó község térségében található. Makó életében a hagymatermesztés mindig is fontos szerepet töltött be. Intenzív kézimunka igénye miatt fontos szerepet játszik a vidéki munkaerő megtartásában is (Bajmócy, 1996). A hagymatermesztés létjogosultságát jól jelzi a hagymatársulások, vagy a Makói hagymakutató jelenléte a térségben (Buzás, 2011). A makói vöröshagyma az EU által is elismert, továbbá egyedi hely és eredet megjelölést élvez 2010 május 1-ével „Makói vöröshagyma; Makói hagyma (Mako onion)’ Class 1.6. Fruit, vegetables, and cereals fresh or processed.” néven (Nagyová et al., 2011). Szakály, mint fontos hungarikumként jellemzi és fontos jövőbeli célnak tartja a „Makói vöröshagyma” megfelelő marketingstratégia kidolgozását a jövőre nézve (Szakály and Sarudi, 2012).

A Makóra jellemző meleg és száraz nyár tökéletes körülményeket teremtenek a hagymatermesztés számára (Szabó, 2002) továbbá lehetővé tette egy sajátos termesztési technológiának, a „dughagymás technológia” kialakulását. A makói hagymatermesztés története több mint két évszázados múltra tekint vissza. Már az 1818-as termelői összeírásakor 70 vöröshagyma termelőt regisztráltak a térségben (Tóth, 1961). Az első hagyma termesztéstechnológiai leírása 1888-ból, Szőke Mihálytól származik.

„A makói hagymatermelő következő módon termeli hagymáját. A magot elveti márciusban, jó tiszta kézi (ásott) munkált földbe. Ebből terem az úgynevezett dughagyma, ami szeptember elejére érik meg. Ezt tisztán megválogatva december elején felteszi szárítás végett a szobában lévő úgynevezett boglya kemence tetején levő szárítóra (rács) és ezt a jól felmunkált földbe tavasszal, mihelyt lehet a fagytól dolgozni elduggatja egymástól körülbelül 10 centiméternyi távolságra. És ezen a földet mindég tisztára kapálja a gyomtól. Megjegyezzük, hogy midőn a hagymának a szára már nagyobbodik, nem szabad letörni, óvatosan kell kapálni, mert ez a fejlődést hátráltatja. És az így elkészült hagyma augusztus hónapban érik meg, de már július második felében exportképes.” (Tóth, 1961)

Szőke leírása tökéletesen megfelel a kétéves hagymatermesztési technológiának, ami magasabb termésátlagot és minőséget eredményez (Botost and Füstös, 1987). Jelenleg a dughagymás technológia visszaszorulása figyelhető meg, továbbá nő a külföldi fajták használata az egyéves technológiánál (Némethyné, 2008).

A makói hagymára magas vitamin és illóolaj tartalom, szállítás szempontjából kedvező szöveti szilárdság jellemző. A kétéves technológia lehetővé tette a termelőknek, hogy egy kiváló minőségű vöröshagymával, versenytársaiknál három-négy héttel korábbi megjelenést biztosítson a világpiacon (Timár, 1993). A jó versenyképességet hűen tükrözi, hogy egyes időszakokban a hazai össztermelés 75-80%-át tette ki a Makó térségéből származó vöröshagyma (Enyedi, 1965).

Kutatásom számára fontosnak tartottam a makói régióban jól bevált technológia érzékenységének vizsgálatát a klímaváltozás tükrében, illetve elemezni, hogy a változó klíma új lehetőségeket adhat-e a dughagymás termesztéstechnológia megjelenésének Fertőd térségében.

3.5.3. A hazai szabadföldi fűszerpaprika termesztés bemutatása

A *Capsicum* családba tartozó növények farmakológiai pozitív hatásait több nemzetközi kutatás alátámasztja. Hatásos fájdalomcsillapító (Caterina and Julius, 2001), étvágycsökkentő (Yoshioka et al., 1999), testsúlycsökkentő (Kawabata et al., 2006) hatása ismert. A pozitív hatásain túl a paprika, kimondottan a magyar fűszerpaprika fontos szerepet játszik a magyar konyhában (Szakály and Sarudi, 2012). A fűszerpaprika minősített vetőmagtermesztő területek aránya a többi zöldségnövényhez képest a legstabilabb volt az Uniós csatlakozásunk idején (Némethyné, 2008).

Hazánkban a fűszerpaprika termesztése Kalocsára és Szegedre összpontosul (Szűcs, 1975; Somogyi et al., 2000). Kalocsa életében mindig is fontos szerepet játszott a fűszerpaprika termesztés, a 30-as évek sikeres paprikanemesítő munkája pedig világhírűvé tette a kalocsai fűszerpaprikát (Kondor, 2012). A kiváló minőség megtartása érdekében a termesztés és feldolgozás szabványosítása a múlt század közepén elkezdődött.

Az eredethely megjelölés⁶ is egyik fontos irányelv volt a szabványosítás során, ahol a kalocsai és a szegedi körzetek kiemelt szerepet kapnak. A szabványosítás fő célja a minőség megőrzése, a piaci igények kielégítése. A végtermék minőségében fontos szerepet játszik a megfelelő alapanyag előállítása (Horváth, 2009). Markus és Kapitány (2001) rámutatott az időjárási tényezők fontos szerepére a megfelelő minőségű fűszerpaprika alapanyag előállítása során. A hideg esős évek során kevés piros xanthophylls keletkezik, a megszokott ideális meleg száraz körülményekhez képest (Márkus and Kapitány, 2001). Kutatásunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a klímaváltozás hatással lesz-e, és ha igen milyen hatással a hazai szabadföldi fűszerpaprika termesztésre.

3.5.4.A haza szőlő termesztés és bor készítés bemutatása

A világ potenciális szőlőtermő területei az északi félteke 30° és 50° szélességi fokok, illetve a déli félteke 30° és 40° szélességi fokok között helyezkednek el. Kutatási eredmények egyértelműen egy lassú észak felé történő eltolódást jeleznek az északi féltekén, illetve dél felé történő eltolódást a déli féltekén (Tonietto and Carbonneau, 2004; Jones et al., 2005 a; Jones, 2005b; Schultz and Jones, 2010). Hazánk a potenciális szőlőtermesztő terület északi határán helyezkedik el. Bár a különböző klímaforgatókönyvek az átlaghőmérséklet emelkedését és az extrém időjárási események számának növekedését vetítik előre (Bartholy et al., 2011; Petz et al., 2012a), hazánk az eltolódás hatására továbbra is a potenciális szőlőtermesztő területekhez fog tartozni (Szenteleki et al., 2012a). Az eddigi hazai kutatások célja a termesztési kockázatok felmérésére, modellezésére irányult a várható éghajlati körülmények tükrében (Ladanyi et al., 2007; Szenteleki et al., 2008). Hlászny 2013-as kutatásában beszámolt a szőlő rügyattanás időpontjának jövőben várható eltolódásáról (Hlászny, 2013), és számos nemzetközi kutatás foglalkozik a klímaváltozás és bor mennyiségi és minőségi paramétereinek a kapcsolatával (Esteves and Manso Orgaz, 2001; Jones et al., 2005 a; Soar et al., 2008; Mira de Orduña, 2010).

Az adaptációs „*turning point*” elmélet a szőlőtermesztésben arra a kérdésre keresi a választ, hogy a klímaváltozás hatása mikor éri el azt a pontot, amikor a jelenlegi termesztési módszerekkel negatív gazdasági mérleget eredményez (Werners, 2012). Arra is keresi a választ, hogy kínálóznak-e új alternatív lehetőségek, melyek a gazdasági mérleget pozitív irányba mozdítják el. Az elméletet elsőként a toscanai szőlőtermesztő területekre alkalmazták (Werners, 2012). Kutatásom célja a szőlőtermesztésben az ún. adaptációs „*turning point*” elmélet alkalmazása volt hazai borvidékeken, meglévő hazai eredmények és nemzetközi eredmények felhasználásával. Ezzel a módszerrel egy kedvezőbb képet tudunk kialakítani a jelenlegi folyamatokról és a jövőbeli változásokról, amelyek ismeretében segíthetjük a döntéshozókat a szakszerű és megfelelő beavatkozási eszközök, illetve a legmegfelelőbb időpontok kiválasztásában, pozitív hatásokat eredményezve a szektorban.

Kutatásom során két borvidéket jelöltem ki: a Kunsági- és az Egri-borvidéket, amelyek mind termelői összetételben, mind földrajzi adottságokban különböznek egymástól. A Kunsági-borvidéken főként mennyiségorientált termelés folyik, míg az Egri-borvidéken a minőségi paraméterek élveznek előnyt.

Az Egri-borvidék a viszonylag hűvös borvidékeink egyike. Késői tavasz és rövid vegetációs időszak jellemzi. Borösszetételében 70-75%-ban fehérbor jellemző, illetve a borvidék jellegzetes bora, az Egri bikavér - ma már hungarikum - vörösbor szőlő fajtái. Egy jó évjáratban a fehérborok testesek, kevés maradék cukor és komplex íz, illat, harmónia jellemzi őket. A

vörösborokat ugyanilyen feltételek mellett sötét szín, tanninban gazdag közepesen erős alkoholtartalom jellemzi. Ezen a borvidéken főként a minőségi bortermelésen van a hangsúly (Hegyközség, 2013).

A Kunsági borvidéket az extrém időjárási körülmények jellemzik: hosszú hideg telek és forró száraz nyarak. A termelők hosszú évek során alkalmazkodtak a környezeti feltételekhez. A fehérborok ezen a területen is 70-75%-ban vannak jelen a termelésben. Az utóbbi években illatos és rezisztens fajták elterjedése jellemző, továbbá, a mennyiségi termelésen van a hangsúly, bár a minőségi borok is lassan teret hódítanak. Jó évjáratban a borok könnyűek és lágyak, magas az alkohol maradék cukor tartalom. A vörösborok kevésbé testesek (Kunság, 2013).

Kutatásom első lépéseként kérdőíves felmérést végeztünk, amelyben az időjárás és szőlő, bor minőségi és mennyiségi paramétereinek közötti kapcsolatot mértem fel interjúalanyok véleménye alapján. Az interjúk során a termelők helyzetét, megfigyeléseiket és a végbemenő folyamatokat térképeztem fel. Ezután a NEBIH (volt OMMI) Helvécia állomásán rögzített megfigyeléseket elemeztem. A felhasznált dokumentumok több mint 20 év eredményét összegzik a legtöbb fontos hazai termesztésű vörös és fehér borszőlő adataival. Először a feljegyzett adatokat digitalizáltam, majd a szőlő és bor, illetve a megfigyelt időjárási paraméterek kapcsolatát elemeztem. Ezután a RegCM3 modell segítségével a jövőbeli változást modelleztük (Turcsán and Erdélyi, 2014). Végezetül az interjú során dokumentált eredményeket és a megfigyeléseken alapuló számításokat értékeltem ki.

Kutatásom fő céljaként olyan kérdésekre kerestem a választ, mint: *„Milyen környezeti folyamatok játszanak fontos szerepet a két vizsgált borvidéken?”, „Milyen problémákkal szembesülnek a termelők és a feldolgozók?”*

3.5.5. Magyarország erdeinek rövid bemutatása kiemelve a kocsánytalan tölgy szerepét

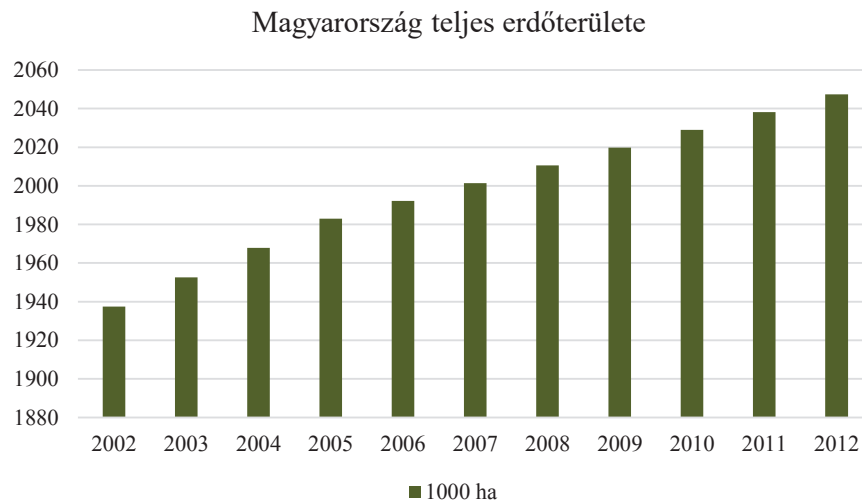
Az évszakok változása során a növények alkalmazkodtak a környezeti paraméterek alakulásához. Az évelő növények különféle fejlődési fázisait, mint a nyugalmi időszak, a rügyfakadás, a hajtás és a levél fejlődése, a lombhullás és a rügyfejlődés a helyi klimatikus tényezők irányítják (Rohde et al., 2011). A mérsékelt övezetben a lombhullató fák, leveleik tápanyag-visszaszívása után lombhullással, valamint az ágak, vesszők szerkezetének megszilárdításával védekeznek a téli fagyok ellen (Keskitalo et al., 2005). Az őszi lombhullás időzítésében a napszakok rövidülése és a hőmérséklet csökkenés játszik meghatározó szerepet a fagyok beállta előtt (Keskitalo et al., 2005). Ugyanakkor, stressz tényezők hatására a fejlődési időszakok eltolódása következhet be. Szárazság esetén lombhullás figyelhető meg, amit az ásványi

anyagok levélből a szárba történő szállítása előz meg. A fent leírt folyamatok természetes védekező mechanizmus részét képezik a mediterrán növényeknél (Munné-Bosch and Alegre, 2004). Viszont a kontinentális növényeknél, mint például a tölgyek, hasonló stressz hatására, korai fejlődés leállást figyeltek meg (Spieß et al., 2012). A klímaváltozás okozta éghajlati anomáliák új kihívások elé állítják erdeink alkalmazkodóképességét (Choat et al., 2012). A jelenlegi állapot megőrzése érdekében a változó időjáráshoz való alkalmazkodás kulcsfontosságú (Lindner et al., 2010).

Hazánk és Európa erdeinek meghatározó fafaja a tölgy és bükk (Mátyás, 1996). Több nemzetközi kutatás foglalkozik tölgy és bükk fafajok csemetéinek (Czajkowski et al., 2005; Arend et al., 2011; Fonti et al., 2013; Kuster et al., 2013) és kifejlett fáinak (Geßler et al., 2007; Scharnweber et al., 2011) szárazság stresszre adott válaszreakciójukkal. Európa erdeinek egy része alacsonyan fekvő területeken helyezkedik el, e területek túlnyomó többségét homokos talaj jellemzi. A homokos talaj víztartó képessége alacsony, mely aszály idején fokozza a rajta álló erdő sebezhetőségét (Van der Werf et al., 2007). A növény levél sztómáinak⁷ zárásával reagál elsőként a talaj vízhiányára, amely egyben csökkenti a levél párologtatás során kiváltott környezeti hűtő hatást. A sztómák zárása során továbbá fotoszintézis aktivitás csökkenése figyelhető meg (McDowell, 2011). A kedvezőtlen körülmények hosszantartó fennmaradása esetén a levél visszafordíthatatlan károkat szenved (Bréda et al., 2006). Ezenkívül, a hosszan tartó aszály zavart okoz a xilém⁸ vízszállító képességében, ami végső esetben a gyökér és ágak elhalásához is vezethet (Barigah et al., 2013). A növény számára a hosszantartó vízhiány biomassza csökkenést és az esetleges környezeti veszélyekhez (gomba betegségek, rovarkártevők, fagy érzékenység) való ellenálló képesség csökkenését eredményezi (Bréda et al., 2006; Lindner et al., 2010).

Hazánk erdeinek három meghatározó fafaja a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és a bükk (*Fagus sylvatica*) (Mátyás, 1996). Hazánk környezeti adottságait tekintve a tölgyeket tekinthetjük az egyik legfontosabb erdészeti fafajnak (Rosenkranz et al., 2006).

Magyarország erdővel borított nagysága egyértelmű növekedést mutat az elmúlt 10 éves időszakban (5. ábra).



5. ábra: Hazánk erdőterületének alakulása (Knoema, 2016)

Kedvező körülmények között a bükk veszi át az uralkodó szerepet, ugyanakkor a tölgy jobb növekedési teljesítménnyel bír száraz és gyenge tápanyagtartalmú talajokon (Scharnweber et al., 2011) a mélyreható gyökérrendszere jóvoltából (Landolt et al., 2009; Kuster et al., 2011). A tölgy ellenálló-képességét növeli a levelének xeromorf⁹ szerkezete, amely az aszály megszűnése után gyors regenerációt biztosít (Kubiskem and Abrams, 1993; Gallé et al., 2007). A fent említett okok miatt a tölgycsemeték használata potenciális lehetőséget rejt a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban Európa csapadékszegény erdeiben (Leuschner et al., 2001).

Az elmúlt évszázadok során a kora nyári aszályok kimutathatóan befolyásolták a tölgy és bükk fejlődését (Pilcher and Gray, 1982; Dittmar et al., 2003; Lebourgeois et al., 2005). Leuschner (2001) a nyári aszály által kiváltott fatörzs növekedés csökkenését figyelte meg tölgy és bükk fák esetén. Azt tapasztalta, hogy a növekedés csökkenés nagyobb mértékű volt a bükkfák esetében, amely a tölgyfa nagyobb ellenállóságát bizonyíthatja csapadékhiányos évek során. Van der Werf (2007) szintén szoros összefüggést mutatott ki a helyi klíma, és mind a tölgy mind a bükk növekedése között. Számos tanulmány foglalkozik a száraz területekről származó tölgyek magas szárazságtűrő képességével (Bruschi, 2010; Jensen and Hansen, 2010). Arend (2011) pedig a Svájcban belül gyűjtött tölgyfamagoncok származása és szárazság-ellenállósága közötti kapcsolatot tanulmányozta. A kísérlet során az északról eredő facsemeték hajtás növekedése enyhén visszamaradt volt a déli származású facsemetékhez képest száraz körülmények között, viszont nem volt egyértelműen kimutatható eredet specifikus válaszreakció a szárazság-stresszre.

A tölgyek fejlődését ciklikus növekedési ütem jellemzi. A rügy évente többször fakad a tenyészidőszak során, optimális növekedési körülmények között. Minden egyes hajtást nyugalmi időszak követ, amikor a gyökérzet mutat intenzívebb fejlődést (Reich et al., 1980; Harmer, 1990).

A rügyfakadásban fő szerepet az auxin és cytokinin hormonok töltenek be (Cline and Harrington, 2006; Su et al., 2011; Vanstraelen and Benková, 2012). Ideális növekedési körülmények között a tölgycsemeték hasonló fejlődési ütemet mutatnak: a rügyfakadást vessző fejlődés és új levelek kialakulása, majd végül nyugalmi időszak követi (Reich et al., 1980).

Broadmeadow (2000) egyértelmű biomassza csökkenést mutatott ki aszály hatására, ugyanakkor vízhiány által kiváltott erős gyökérfejlődést figyelt meg kocsánytalan tölgnél. Szárazság hatására a tölgyfa sűrű és mélyreható gyökérrendszert fejleszt, ami segítséget jelent a mélyebb talajrétegekben felvehető vízkészlet hasznosítására (Thomas and Gausling, 2000). Hosszantartó és ismétlődő aszály során ugyanakkor biomassza (levél és hajtás) elhalás következik be (Broadmeadow and Jackson, 2000; Thomas, 2000). Hajtásfejlődés szempontjából szárazság esetén nagyobb ellenállóságot mutat a kocsánytalan tölgy (*Q. petraea*) a kocsányos tölgnél (*Q. robur*) (Fonti et al., 2013). Kuster (2013) nagyobb biomassza veszteséget figyelt meg déli eredetű tölgy magoncoknál szárazság hatására, mint az északi magoncoknál, ami megkérdőjelezi a déli fajták használatának potenciális alkalmazkodási lehetőségeit a klímaváltozáshoz. Ugyanakkor, Spieß (2012) úgynevezett kompenzációs növekedést írt le 2-3 éves kocsányos tölgy csemetéknél. A kísérlet során 20-25 % közé csökkentették a talaj nedvességtartalmát a növények kezelt csoportjánál, az aszály hatására hajtásnövekedés csökkenést figyeltek meg a kezelt növényeknél a kontrol csoporthoz képest, ahol a csemetéket optimális körülmények közt tartották.

Az erdei fák fejlődése szempontjából a magonc fázis a legérzékenyebb a túlélés szempontjából (Niinemets, 2010; Psidova et al., 2015). A csemeték válaszreakcióját és alkalmazkodási lehetőségeit tanulmányozva a begyűjtött információk révén egy sikeres alkalmazkodási stratégiát lehetne kifejleszteni a klímaváltozás erdeinket érintő negatív hatásainak csökkentésére. Kutatási eredményeimmel ehhez szeretnék hozzájárulni.

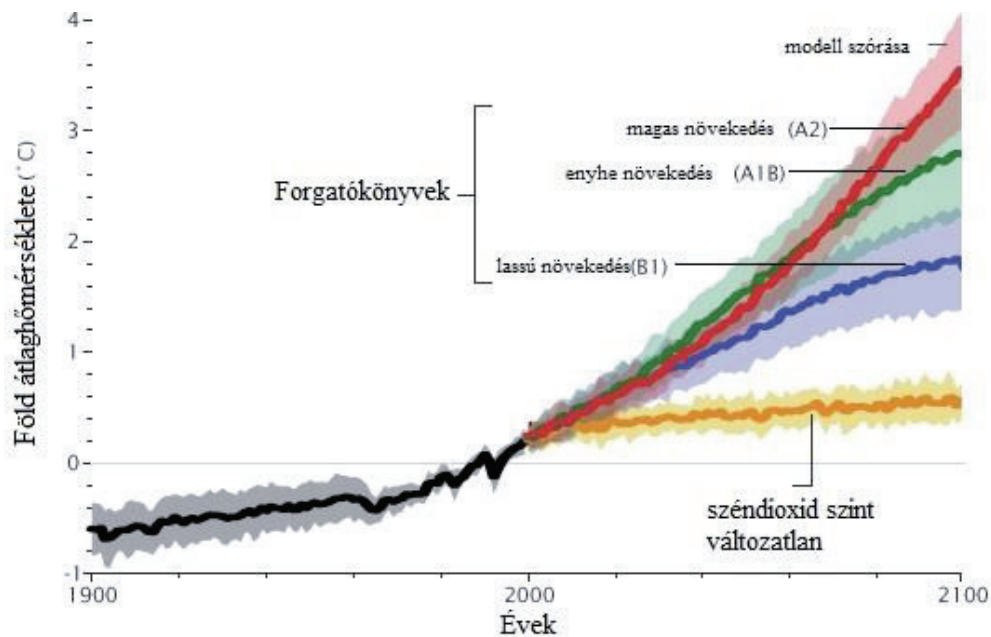
4. ANYAG ÉS MÓDSZEREK

4.1. RegCm3 klímamodell

A munkám során felhasznált időjárási adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat biztosította számomra. A megfigyelt adatok napi átlag hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), napi maximum és minimum hőmérsékletet ($^{\circ}\text{C}$) és csapadék értékeket (mm/m^2) tartalmaztak. A jövőre vonatkozó következtetésekhez kutatásom során a RegCM3 (Regional Climate Model) modell által generált adatokat használtam. A RegCM korlátos tartományú hidrosztatikus éghajlat modell, első változatát 1989-ben fejlesztették ki a NCAR kutatómérnökei (National Center for Atmospheric Research). Regionális klímakutatásokhoz és évszakos előrejelzésekhez használják világszerte. Jelenleg a trieszti Elméleti Fizikai Kutató Intézetten (ICTP) keresztül biztosított nyílt hozzáférés kutatási célokra (Bartholy et al., 2012).

A globális klímamodellek jellemzően 100 km (vagy annál durvább) felbontású eredményeinek finomabb rácshálózatra történő leskálázása több módon történhet. Az egyik, gyakran alkalmazott módszer a statisztikai leskálázás. Ennek az eljárásnak a során olyan statisztikai kapcsolatot tételezünk fel a nagyskálájú és finomabb skálájú folyamatok között, ami a jövőben is fennmarad. Ez a megközelítés azonban igen erőteljes megszorítást jelent, hiszen ebben az esetben gyakorlatilag az éghajlat változatlanságának feltételezésével élünk.

Finomabb térbeli eredmények elérésének érdekében változó felbontású modellek is használatosak. A kutatás szempontjából kiemelt jelentőséggel bíró régió felett a modell finomabb rácshálózaton végzi el a számításokat, mint azokon a területeken, amik nem képezik a vizsgálat tárgyát. A beágyazásos technika széles körben elterjedt eljárás a globális modell eredmények dinamikai alapú leskálázása terén. A regionális modellnek a globális modell szolgáltatja a futáshoz szükséges kezdeti és peremfeltételeket. A regionális modell a durvább felbontású globális klímamodellbe beágyazva, egy kisebb régióra, finomabb felbontás mellett végzi el a számításokat, ezáltal regionális szintű információkat szolgáltatva a felhasználónak. A RegCM3 modellt 2006-tól használják, az adatok generálására beágyazásos módszert alkalmaznak, melynek alapját az IPCC (2007) jelentés SRES A1B globális forgatókönyve adja (Solomon, 2007). A forgatókönyvben szereplő várható hőmérséklet emelkedést a 6. ábrán mutatom be.



6. ábra: Bolygónk átlag-hőmérsékeltének alakulása a különböző klíma forgatókönyvek alapján (IPCC, 2007)

A választott RegCM3 modell klímaforgatókönyve hűen tükrözi a COP21 során létrejött megegyezésben kitűzött +2 °C Föld átlaghőmérséklet emelkedést, ami hazánk tekintetében várhatóan +3,2 °C-t jelent. Torma (2011) írta le részletesen az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén kifejlesztett modellverziót, amely modell adatai adták kutatásom alapját. A számításaim során a 10 km²-es felbontást alkalmaztam, illetve az 1961-1990, 2021-2050 és 2071-2100 időszakokat, aminek alapját az ECHAM5 globális modell szolgáltatta (Torma et al., 2011).

4.2. A hazai rizstermesztéssel kapcsolatos kutatásom módszertana

A rizs növényvel kapcsolatos vizsgálatban két helyszín, Szarvas és Kisújszállás lehetséges forgatókönyvét tanulmányoztam. Szarvas a magyarországi rizskutatás és a magyar rizsfajta nemesítés központja, Kisújszálláson napjainkban is jelentős rizstermesztés zajlik. Az adott területekre a RegCm3 modell meteorológiai adatait használtuk fel (napi átlaghőmérséklet, maximum- és minimumhőmérséklet). Az adatsorok harminc éves időszakokat jellemeznek: 1961-1990, 2021-2050, és 2071-2100.

A rizstermesztés sikere leginkább a tenyészidőszak hőösszegétől¹⁰, a rendelkezésre álló vízmennyiségtől és a technológiai fegyelemtől függ (Simonné, 2007a). Elemzéseim során a

technológiai fegyelmet ideálisnak tekintetem, azaz feltételeztem, hogy a termesztőknek minden szükséges feltétel rendelkezésére áll és megfelelően történik a használatuk is.

A vízellátás szempontjából potenciális rizstermő területek a nagy folyóink (Duna-Tisza-köze és a Tisza mellékfolyói) szomszédságában vannak (Ihrig et al., 1973; Fejér, 1998), így a kutatás során a rizsparcellák folyamatos vízellátását megoldhatóként kezeltem (Palov, 1985). Ez azt jelenti, hogy a rizstermesztés sikerességét a továbbiakban jórészt a hőösszeg alakulása befolyásolja.

Első lépésként irodalmi adatokra támaszkodva (Chaudhary and Ghildyal, 1970; Yoshida, 1981; Simonné, 1983) és Simonné Dr. Kis Ibolya nemesítővel folytatott konzultációk sora folyamán, meghatároztam a rizs ideális fejlődési ütemének megfelelő időszakokat. A vetésidő meghatározása volt a legnehezebb, ugyanis az a talaj átlaghőmérsékletétől függ. A vetést akkor érdemes elkezdni, ha a talaj hőmérséklete eléri a 11 °C-t, és 4 napon keresztül tartósan annyi is marad, vagy azt meghaladja. Ez hazánkban az eddigi tapasztalatok alapján április 2-ik és 3-ik dekádjára esik. A rendelkezésünkre álló információk alapján eddig a vetést minden évben április 20-a környékére időzítették a gazdálkodók. A vetéstől a virágzásig tartó időszakra kijelöltük a fontos fejlődési stádiumokat (csírázás, 3-4 leves állapot, bokrosodás, bugahozás, virágzás) (Chaudhary and Ghildyal, 1970; Yoshida, 1981; Simonné, 1983). Virágzás utáni állapotot azért nem vizsgáltunk, mert az érés hosszan elhúzódó, így nem lehetne egy rövid, hőmérséklet szempontjából egy érzékeny szakaszt kijelölni, továbbá a virágzás utáni állapotban kevésbé érzékeny a kultúra a hőmérséklet változásaira. A különböző fejlődési stádiumok időpontját a következő pontokban foglaltam össze:

1. Csírázás – április 20-24
2. 3-4 leves állapot – május 12-16
3. Bokrosodás – június 17-21
4. Bugahozás – július 17-21
5. Virágzás – július 25- augusztus 3

Minden állapotra 5 napos intervallumot vettem alapul, kivéve a virágzásra, ahol 10 napot adtam meg. Ez abból adódik, hogy az egész állományra nézve sokszor egy elhúzódó virágzás figyelhető meg, továbbá a hidegre ebben a fejlődési stádiumban a legérzékenyebb a kultúra. Ez egyrészt érthető a rizs trópusi származásából, másrészt hazánk a rizstermesztés északi határán húzódik, így termesztési területe fokozottan érzékeny területnek tekinthető, olykor a hőmérsékleti szélsőségek miatt komoly termés kieséssel is számolni kell. A kutatásom során a különböző fejlődési stádiumok számára kritikus hőmérsékletet vizsgáltam. Három csoportba bontottam a

megfigyelt értékeket, elsőnek a minimum alatti hőmérsékletet határoztam meg, ahol különböző mértékű károkat szenved az állomány, majd a minimális értéket, ahol még komoly károk nélkül lassan bár, de fejlődik a kultúra. Legvégül az optimális hőmérsékleti értéket rögzítettem (1. táblázat).

1. táblázat: A rizs hőmérséklet igénye fenológiai fázisonként (Turcsán and Erdélyi, 2011)

a rizs fejlődési szakaszai	Hideg °C	Minimum °C	Optimum °C
csírázás	10>	10-11	>12
3-4 leveles állapot	14>	14-22	>22
bokrosodás	16>	16-22	>22
bugahozás	16>	16-22	>22
virágzás	19>	19-24	>24

Következő lépésként arra a kérdésre kerestem a választ, hogy: „*Ha feltételezzem, hogy a klíma melegedése várható, ez milyen hatással lesz a rizs fejlődésére és esetlegesen ez a fejlődési stádiumok eltolódásához, lerövidüléséhez vezethet-e?*”

Ipsits (1993) és Kiss (1980) kutatásai alapján az aktív hőösszeg¹¹ helyett az effektív hőösszeg modellt használtam, amivel pontosabb képet kaphatunk a hazai rizsfajtákra nézve (Simonné, 1983; Ipsits, 1993). A modell lényege, hogy +8 °C-os napi átlaghőmérsékletet tekint bázis hőmérsékletnek és az e fölötti értékeket összegzi. A módszert az 1986-1989-ig feljegyzett megfigyelésekre alapozták. A vizsgált időszakban 767-842 °C hő összeg volt szükséges a virágzás indukálásához. A virágzástól számítva további 500-600 °C hőösszeg szükséges az optimális betakarítási állapot eléréséhez. A paraméterek ismeretében meg tudjuk határozni, hogy egy adott évben április 20-ai vetésidővel mikor jutunk el a bugahányás/virágzás és teljes érés állapotáig.

Ismerve a bugahányás időszakát, a vetésidőt arányosítva vissza tudjuk számolni, hogy adott időpontban mikor melyik stádiumban lesz a kultúra. A RegCM időjárás modell által generált adatokkal lehetőségünk nyílt a jövőbeli változások modellezésére (Turcsán and Erdélyi, 2011).

4.3. Vöröshagyma dughagymás technológia érzékenységét vizsgáló kutatásaim módszertana

A megfigyelt terület hagyma esetén Makó és Fertőd területére koncentrálódik. Fertőd Makóhoz viszonyítva hidegebb klímája miatt került vizsgálatom célpontjába. Ha a jövőben az átlaghőmérsékletek emelkedésével számolunk, ez idővel új fejezetet nyithat a fertői vöröshagyma termesztésében, esetleg a makói technológia alkalmazásával magasabb termésátlagok elérése is lehetséges.

A dughagymás technológia alapjai ma is hasonlóak az 1888-as Szőke Mihálytól származó leírásban ismertetett eljárással (Tóth, 1961). Az első év során a magról vetett dughagyma nevelése történik, a dughagyma beérése után téli tárolás majd duggatás előtti hőkezelés következik. A második évben a duggatás után a dughagyma tovább fejlődése és érése zajlik le, ami betakarítással zárul (Tóth, 1961; Balázs, 1994).

A hőmérséklet fontos szerepet játszik a hagyma szárképzésében. Amennyiben a hagymát hosszantartó hidegkötés éri, amit úgynevezett „vernalizációs” hatásnak neveznek, kiválthatja a mag szár-képződést. A vernalizáció szükséges időtartalma fajtafüggő (Balázs, 1994). A másodéves vetés időpontjának meghatározása fontos a mag szár-képződés szempontjából, hiszen ha a korán elvetett dughagyma megkapja a hidegkötést, felmagzás veszélye léphet fel, ami rontja a hagyma minőségét (Szabó, 2002). A hidegkötés modellezésére a RegCM3 modell segítségével Makó és Fertőd átlaghőmérsékletének változását vizsgáltuk meg 1961-2100-ig, három, egyenként 30 évet felölelő időszakban (1961-1990, 2021-2050, 2071-2100). Öt különböző csoportot hoztunk létre hőmérséklet szempontjából, a növény fejlődésére vonatkozóan. Az optimális napi átlaghőmérsékletet $+12\text{ °C}$ felett, a növény fejlődése számára hideg hőmérsékletet $+6\text{ °C}$ alatt határoztuk meg irodalmi adatokra támaszkodva (Botost and Füstös, 1987; Balázs, 1994; Szabó, 2002). A két sarokérték között további három csoportot hoztunk létre a következő hőmérséklet értékekkel: $12-10\text{ °C}$, $10-8\text{ °C}$ és $8-6\text{ °C}$. A vizsgálat során az adatokat március 2-ik dekádjától május 3-ik dekádjáig átfogóan elemeztük. Dekádonként egy-egy adatsor 300 nap átlaghőmérsékleti adatait tartalmazza a megfelelő csoportba sorolva.

A következő lépésnél a vöröshagyma számára túl magas hőmérsékletekre fókuszáltunk. A vegetáció során $+19\text{ °C}$ az optimális fejlődési hőigény, ugyanakkor $\pm 7\text{ °C}$ –os eltérést még elvisel a növény, viszont a $+33\text{ °C}$ elérésekor a növény fejlődése már leáll (Balázs, 1994; Szabó, 2002). A RegCM3 modell segítségével kapott időjárási paramétereket vizsgáltam meg, hogy a hagyma fejlődése során hogyan változik a jövőben a forró napok száma, amely során a fejlődés leáll, ami hosszú távon termés kieséshez vezethet. A vizsgálat során a teljes tenyészidőszakot öleltük fel (áprilistól augusztusig) (Turcsán and Erdélyi, 2012).

4.4. Fűszerpaprika kutatásaim módszertana

A szabadföldi fűszerpaprika termesztésnél az irodalmi adatok alapján a május 15. és szeptember 15. közötti vegetációs időszakot vettem figyelembe. (Erdős, 1992) Számításaim alapját a RegCM3 modell által generált időjárás adatok adták. A fűszerpaprika termesztése számára fontos két magyarországi helyszínt, Kalocsát és Szegedet vizsgáltam. Az adatokat három csoportba soroltam: múlt 1961-1990, közel jövő 2021-2050 és távoli jövő 2071-2100. A vegetációs időn belül 8 fél havi időszakot határoztunk meg, illetve irodalmi adatok alapján (Márkus és Kapitány, 2001) az optimális fejlődéshez szükséges napi középhőmérsékleteket definiáltuk egy-egy fejlődési időszakban. Az összefoglalást a 2. táblázatban szemléltetjük. Az optimális fejlődési hőmérséklethez képest több napos ± 5 °C-os eltérés fejlődési zavarokat eredményezhet (Márkus és Kapitány, 2001).

2. táblázat: *A fűszerpaprika fejlődése szempontjából fontos időszakok optimális átlaghőmérsékletei (Turcsán and Erdélyi, 2012)*

Fűszerpaprika vegetációs ideje								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Naptári nap	május 15-31.	június 1-15.	június 16-30.	július 1-15.	július 16-31	augusztus 1-15.	augusztus 16-31.	szeptember 1-15.
Optimális hőmérséklet	15°C	20°C	20°C	20°C	21°C	21°C	19°C	19°C

4.5. Szőlő termesztéssel és bor készítéssel kapcsolatos kutatásaim módszertana

4.5.1. *A hazai szőlőtermelői helyzetkép megismerésére mélyinterjúk formájában*

Szőlő, bor kutatásom első lépéseként a kapcsolódó társadalmi és ökológiai rendszereket és a szereplők érdekeit mértem fel mélyinterjúk formájában. Az interjúk révén egy összetett kép kialakítása volt a cél, a jelenben zajló folyamatok jobb megértésére. Az interjúalanyok a Nemzeti Élelmiszerlánc-Biztonsági Hivatal, valamint a Növénytermesztési és Kertészeti Igazgatóságának munkatársai voltak (Balikó Eszter, témavezető, Bondor András, témavezető, Pernesz György,

osztályvezető, Sárkány Judit, laborvezető). A megkérdezettek több éves tapasztalattal rendelkeznek a borvidékekről, illetve folyamatos kapcsolattal rendelkeznek a helyi termelőkkel. Az interjúkat mind a 4 interjúalannyal egymástól függetlenül, ugyanarra a kérdéssora építve folytattam le (Függelék, Bor készítésével és szőlő termesztésével kapcsolatos kérdőív).

Az interjú során négy témakörbe csoportosítottam 53 kérdést (kérdéseket ld. Függelék, Bor készítésével és szőlő termesztésével kapcsolatos kérdőív). Az első témakört a demográfiai adatokkal kapcsolatos kérdések alkották, mint például: a kor, munkahely és szakmai háttér. A következő témakörben a csapadék, hőmérséklet és növényvédelemmel kapcsolatos kérdésekre fordítottunk hangsúlyt. Ezen kívül az időjárás és a borszőlő mennyiségi és minőségi paramétereinek kapcsolatát is próbáltam felmérni, illetve ennek a hatását a gazdálkodó éves bevételére (pl.: Mi a fő oka az esetleges termés kiesésnek? Ön szerint egy jobb évszám magasabb bevételt jelent a termelő számára?). A harmadik kérdéscsoporttal célom a lehetséges határértékek meghatározása volt. A témakörön belül két csoportra osztottam a kérdéseket. Egyik csoport a klimatikus paraméterek hatására irányult (pl.: milyen külső paraméterek határozzák meg a gazdálkodók döntéseit (szőlőfajta választás, telepítési időpont megválasztása, stb.), a másik csoport pedig a nem klimatikus paraméterekre vonatkozott (pl.: hány aszályos évet képes a termelő komoly anyagi problémák nélkül átvészelni? Használják-e a termelők öntözőrendszert?) Az utolsó részben az állami és EU pályázatokra, valamint támogatásokra és szerepükre fókuszáltam. (pl. Pályáznak-e a termelők? Melyik támogatásokat pályázzák meg a termelők előszeretettel?)

4.5.2. A szőlő termesztés és bor készítés elemzése során használt meteorológiai adatok

A megfigyelt meteorológiai adatokat a Meteorológiai Intézet, Kecskeméti állomása biztosította kutatásomhoz. A megfigyelések 1951-2012-ig tartalmazták a napi átlag-, minimum-, maximum-hőmérsékleti értékeket °C -ban, illetve csapadék értékeket milliméter per négyzetméter egységben. A RegCM3 regionális klímamodell meteorológiai adatai három időszávot öleltek fel: a múltat, 1961-1990-ig, a közeljövőt 2021-2050-ig és a távoli jövőt 2071-2100-ig. A számítások során itt is a napi átlag-, maximum-, minimum-, hőmérsékleteket és csapadékot vettük figyelembe.

4.5.3. Szőlőtermesztésre és borkészítésre vonatkozó adatok

A kutatásban felhasznált adatokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-Biztonsági Hivatal, (korábban Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet) Növénytermesztési és Kertészeti osztálya bocsátotta rendelkezésemre. A megfigyelések a szőlő különböző fenológiai (rügypattanás, virágzás, érés, szüret) állapotára, must és szőlő paraméterekre (cukor „magyar mustfok” és sav „g/l” tartalom), valamint bor (alkohol „% vol”, maradék sav „g/l”) koncentrációkat az intézet helvéciai telephelyéről. A megfigyeléseket 1988-óta végezték és a legtöbb hazai vörös és fehér-bor szőlő fajta értékeit rögzítették. Elemzésemhez kiemelten fontos fajták voltak a következő fehérbor szőlők: *Nemes Olaszrizling*, *Olaszrizling B. 20*, *Zenit*, *Zala gyöngye*, illetve a vörösbor szőlő fajták közül a *Cabernet sauvignon* és a *Kékfrankos*. Vizsgálatom során *Kékfrankos* esetében 17 év, a *Cabernet sauvignon* esetében 10 év megfigyelt adatsora állt rendelkezésemre. A fehérborok közül a *Nemes Olasz rizlingre* 8 év, az *Olasz rizling B. 20* esetében 10 év, a *Zenit* esetében 11 év, a *Zala gyöngye* esetében pedig 6 év adatai álltak rendelkezésemre. Sajnos az adatok nagy része papíron dokumentált, több személy által végzett feljegyzés volt, így néhány esetben csak részben volt használható. A meteorológia állomás adatainak feldolgozása során szintén voltak hiányzó adatok, így volt sajnos olyan eset is, ahol a szőlő adatok megléte ellenére a meteorológiai adatok hiányossága miatt nem tudtam őket használni.

A bor és must határértékek meghatározásában Sárkány Judit szakértő volt segítségemre, aki több éve vezeti a Nemzeti Élelmiszerlánc-Biztonsági Hivatal, (korábban Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet) Növénytermesztési és Kertészeti osztályának Helvécia laborját. Az állomás a legnagyobb hazai minősített szőlő fajtagyűjteménnyel rendelkezik és a legtöbb hazai termesztett fajta feldolgozását és kiértékelését végzi.

4.5.4. A szőlő termesztés és bor készítés elemzése során alkalmazott módszerek

A megfigyelt must és bor paraméterek kapcsolatát vizsgáltam a napi átlaghőmérséklet és csapadék értékekhez viszonyítva. Első lépésnek a napi átlaghőmérséklet értékeit bontottam különböző fejlődési fázisnak megfelelő csoportokba. Egy-egy csoporton belül kumulatív hőmérséklet és csapadék adatokat számoltam. Következő lépésben minden dokumentált must és bor évjáratot a megfelelő évben megfigyelt meteorológiai adattal vettem össze. Végül regressziós görbe¹² illesztésével modelleztem a szőlő és bor paraméterei és az időjárás adatai közötti kapcsolatot.

A RegCM3 modell által generált meteorológiai adatokra alapoztam a jövőre előre jelzett változásokat. A valós megfigyelt eredmények alapján felállított regressziós modellt használtam

fel, és a modellezett hőmérsékleti és csapadék adatokkal futtattam le. A részletes számítást az *Olaszrizling B20* fajtán mutatom majd be dolgozatomban.

4.6. A szárazság hatásának módszertana a kocsánytalan tölgy csemetékre

4.6.1. *Használt növény anyag*

Az erdészeti növények vizsgálatát az INBO (Research Institute for Nature and Forest) Geraardsbergeni (Belgium) kutatóállomásán végeztem, ahol feladatomban a tölgyek vízhiány stressz vizsgálata volt. A tölgy makkokat 2013 őszén három Belgiumban kijelölt területről gyűjtöttem be (7. ábra) : Klaverberg (KLA, 51°0'57.8556"N 5°31'57.0384"E), Voeren (VOE, 50°45'31.5612"N 5°45'39.9348"E) és Borgloon (BOR, 50°48'22.0680"N 5°20'34.872"E).



7. ábra: Belgium térképe, Klaverberg, Borgloon és Voeren tölgy erdők elhelyezkedése.
(saját szerkesztésű ábra)

Az első kijelölt erdőterület Klaverbeg város közelében található, ahol egy különleges reliktum tölgy állomány van. A homokdűnékkel szabdaltnál több száz éves tölgyek és hangafüves puszták váltják egymást. A fák eredete hosszasan kutatott és legnagyobb

valószínűséggel endemikus¹³ tölgyfajnak tekinthetőek. Évszázadok során többszöri tarvágást újrasarjadás követett, aminek az eredménye látható a képen (8. ábra).



8. ábra: Jobb oldalon Klavenber, bal oldalon Voeren erdőterületet
(készítette: Turcsán Arion).

Legtöbb esetben a körkörös álló fák egy növény genetikai állományát hordozzák és koruk 5-600 évre tehető (Vander Mijnsbrugge et al., 2003a). 13 anyafát jelöltünk ki és a makkokat a fatörzshöz közeli területről gyűjtöttem be. A második kijelölt erdőterület Voeren település közelében található, ahol egy a második világháború után telepített közel 65-70 éves faállomány van (7. ábra). A csemeték származása bizonytalan, zömét nagy valószínűséggel a második világháború utáni újratelepítési hullám során Németországból behozott növényanyag adta. Az altalaj jellemzően tápanyagban gazdag agyagos erdei talaj. 14 anyafa került kijelölésre és a makkok szintén a törzs közeli területről lettek begyűjtve. A harmadik kijelölt erdőterület Borgloon település közelében helyezkedik el, ahol az erdőterület hasonló adottságokkal rendelkezik a második kijelölt területhez. Mindkettő telepített tölgyes erdő, a fák átlagéletkora 100 év körüli. A makkokat három anyafa alól gyűjtöttem be. A telepítés során használt növényanyag eredete szintén ismeretlen.

4.6.2. *Kísérleti elrendezés*

Vetés előtt a magokat életképességi vizsgálatnak vettem alá. Egy vízzel teli edénybe helyeztem őket és a víz felszínén úszó hibás, beteg makkokat eltávolítottam. Végezetül a vetés során Klaverberg (KLA) területéről 664 makkot, 744 makkot Voeren-ből (VOE) és 154 makkot Borgloon-ról (BOR) vettem el 2013 őszén. A vetés során erdészeti növénytálcákat használtam (24 cella per tálca) és 2-2 magot vettem el egy-egy cellába. Anyafánként új tálcát használtam fel és a makkszámától függően, volt amikor az utolsó cellába csak egy makk került. A kísérlet során általános kertészeti földet használtam (szerves anyag tartalom 20%, pH 5,0-6,5, elektromos vezetőképesség (EC): 450 μ S/cm, száraz anyag 25%, tápanyagtartalom 1,5 kg/m³, komplett műtrágya összetétele: NPK (12:14:24). A kísérlet során a növények vízellátását manuálisan biztosítottam és nem kaptak egyéb tápanyag-utánpótlást. A magokat a csirázási téli időszak során fűtetlen üvegházban tartottuk. 1015 makk (486 KLA, 431 VOE és 145 BOR) hajtott ki tökéletesen. 2014 áprilisa során a magoncokat különálló cserépbe (12 x 11 x 11 cm) ültettem a sorrendet és az egyedi cserép azonosító számot megtartottam. Az elpusztult növények és az egy makkot tartalmazó cellák miatt, hol 1db hol 2db növény volt egy-egy cserépben. A növényeket 2 egyenlő nagyságú csoportra (stressz, kontrol) osztottam, a végleges magoncszámot a 3. táblázatban mutatom be:

3. táblázat: *Kísérleteim során felhasznált kocsánytalan tölgy magoncok száma*

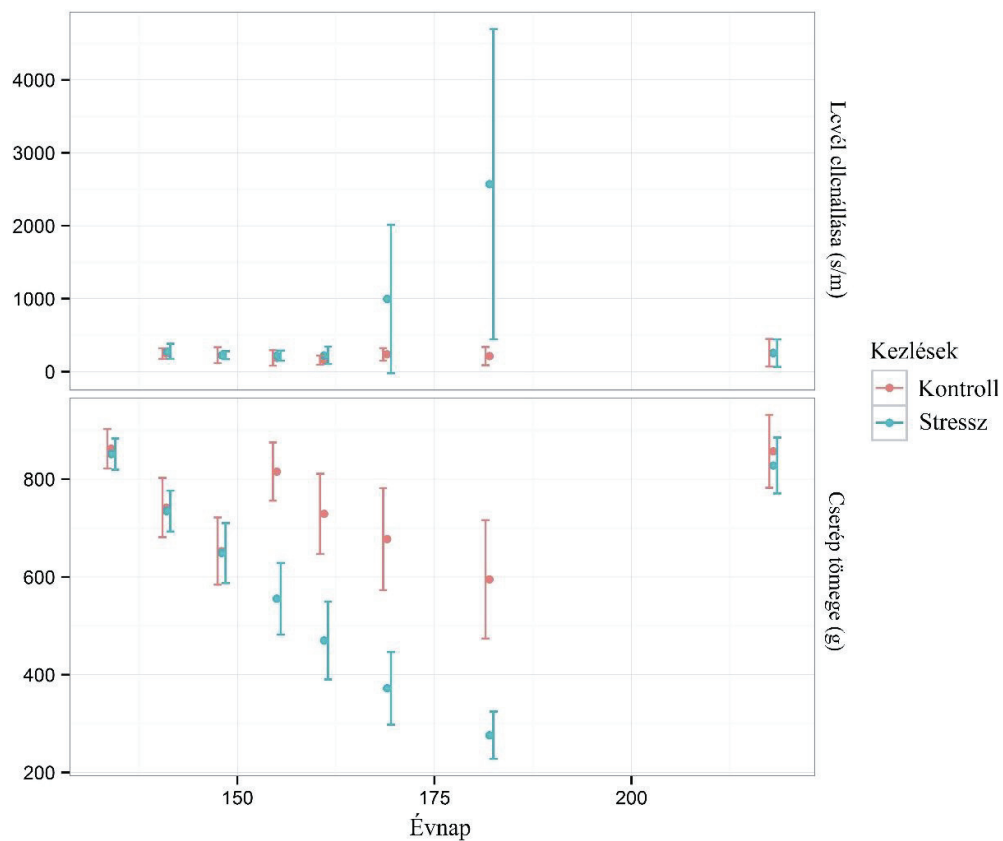
növény/cserép:	Stressz		Kontrol	
	1	2	1	2
KLA	57	190	66	164
VOE	66	116	52	128
BOR	10	66	12	50

Az átültetést követően a magoncokat tartalmazó cserepeket egy esőtől védett, nyitott falú létesítménybe helyeztem el véletlen blokkos elrendezésben. A tenyészidőszak során egy kora nyári és egy késő nyári száraz időszakot modelleztem a kezelt csoportnál. A száraz periódus előtt egy éjszakát vízbe áztattam a növények cserepeit, hogy a magoncok talaja maximálisan telítődjön vízzel. Az első száraz időszak 2014. május 15-től 2014. július 1-ig tartott. A száraz időszak lezárása után a növényeket szintén egy éjszakára vízbe áztattam. Az első stressz időszak célja egy enyhe szárazság modellezése volt, míg a második stressz időszakkal egy sokkal erősebb szárazság hatást szerettem volna elérni, ahol a legérzékenyebb növények elpusztulnak. A növény számára

vízhiány jelentkezését a sztómák záródásával mértem le és figyeltem meg. A késő nyári száraz időszak 2014. augusztus 6-tól 2014. okt. 17-ig tartott. A kezelt csoport növényeinek nagy számú elhalála után zártam le a stressz időszakot és egy éjszaka hosszáig vízbe áztattam a növényeket, majd optimális körülmények között tartottam őket. A kontrol csoportot eközben optimális vízviszonyok között tartottam.

4.6.3. A kísérlet során elvégzett mérések

A kísérlet során a cserepek tömegét hetente mértem egy egyszerű konyhai mérleg segítségével, majd rögzítettem. A vízhiányos időszak előrehaladtával a cserepek tömege fokozatosan csökkent. A tömegvesztés intenzitásának erősödése volt megfigyelhető a szárazsághatás előrehaladtával (9. ábra). A statisztikai számításoknál a stressz hatást közvetve, a tömegcsökkenéssel modelleztem.



9. ábra: A növények cserepének átlagos tömegváltozása a stressz-időszak során, illetve a magonc levélfelületének vízgőzleadással szembeni ellenállásának változása (s/m) (Turcsán et al., 2016).

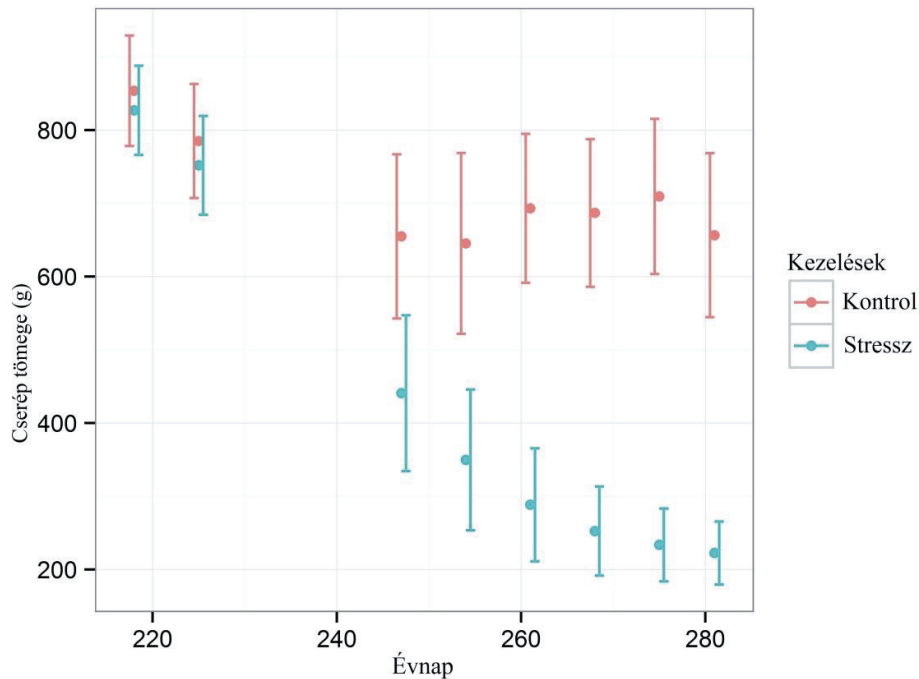
Az első száraz időszak során a sztómák állását követtem nyomon porometer (Model AP4, Delta-T Devices, Burwell, Cambridge, UK, 9. ábra, 10. ábra) segítségével. A növény levelén található sztómák érzékenyen és gyorsan reagálnak a környezeti változásokra, főként a vízhiányra. A porometriás mérés¹⁵ során a növény levélfelületének vízgőzleadással szembeni ellenállását mérjük (s/m). A porometerrel mért magas értékek a magoncok levelén elhelyezkedők sztómák zárt állapotára utalnak (Schulze et al., 1972).



10. ábra: A porometer használata a kísérleti növényeken
(Készítette: Turcsán Arion)

A levél vezetőképességének mérésekor csökkenést tapasztaltam, ami a növény csökkenő asszimilációs aktivitását jelenti (Farquhar and Sharkey, 1982). A levél ellenállás mérésének időigénye miatt 30-30 db véletlenszerűen kijelölt növényen végeztem el a méréseket heti rendszerességgel, délelőtt 10 és délután 3 óra között. Porometer méréseket csak az első stressz időszak során végeztem, a második stressz időszak során a súlyvesztés jelentős volt, azt rögzítettem (11. ábra).

A növények magasságát egy vonalzó segítségével mértem 3 alkalommal a tenyésztési időszak során. Először mértem a magasságot az első szárazság utolsó napján (2014. július 1.), majd a teljesen regenerálódott állapotban, 2014. szeptember 4-én, és a második száraz időszak végén, 2014. október 17-én. A stressz időszakok során folyamatosan feljegyeztem a levél szélének egyenességét és a levél állását egy 1-től 4-ig terjedő skálán, ahol az értékek növekedése a stressz jelek erősségét jelezte (levél lekókad, széle felpöndörödik).



11. ábra: A cserepek tömegvesztése a második szárazság során (Mijnsbrugge et al., 2016).

A csúcsrügy megfigyelése során 2 csoportra osztottam a növényeket:

- 0: csúcsrügy nincs jelen vagy fejletlen (rügyfakadás közben, hajtásfejlődés szakasza, zöld fejletlen rügy)
- 1: csúcsrügy jelen van (sötétbarna nyugalmi állapotú rügy)

Rögzítettem a legmagasabb növény csúcsrügy állapotát is, egyszer a tenyészidőszak során, a második száraz időszak kezdetén, 2014. augusztus 28-án. A második száraz időszak végén az elhalt növények számát rögzítettem, bináris változóként (elhalt 0, élő 1). A túlélő növényeket a stressz időszakok után optimális fejlődési körülmények között tartottam és a tenyészidőszak végén az őszi lombhullás ütemét vizsgáltam meg. A levélszíneződés vizsgálata szempontjából egy 1-8 pontos értékelési rendszert dolgoztam ki (4. táblázat). Az alacsony pontszámok fotoszintézis szempontjából aktív leveleket jelentenek, a pont érték növekedése az őszi lombhullás előrehaladását jelzi. A megfigyeléseket 2014. december 1-én és 2014. december 8-án végeztem el (évnap 335 és évnap 343).

4. táblázat: A lombállapot pontrendszere

	pont	leírás
Őszi lombszínéződés	1	Egészséges sötétzöld levél
	2	Világoszöld levél
	3	Világoszöld levél sárga elszíneződéssel
	4	Túlnyomóan sárga levél zöld foltokkal
	5	Sárga levél barna foltokkal
	6	Barna levél sárga foltokkal
	7	Barna levél
	8	Lehullott levél

4.6.4. Statisztikai számítások

A statisztikai számításokhoz az R 3.1.2 (R development Core Team, Vienna, AT.) statisztikai szoftvert használtam. Az R program gyakori használatának az egyik fő oka, hogy nyílt forráskódú, jól kezelhető, grafikonjai is szépek, közvetlenül publikációkba illeszthetők. Az elemzéseim során az R 3.1.2 programhoz letölthető lme4 (Bates et al., 2015), nlme (Pinheiro et al., 2011) és ordinal szoftver (Christensen, 2013) statisztikai csomagokat használtam.

Először minden változót szerepeltettem minden modellben, majd a „drop 1” funkció segítségével redukáltam a változók számát és csak a modelleket ténylegesen befolyásoló változókat tartottam meg (szignifikáns faktorok).

A modellekben felhasznált függő változók:

- Növekedés mértéke (folytonos változó)
- Növekedés jelenléte (bináris változó)
- Csúcsrügy jelenléte (bináris változó)
- Túlélési esély (bináris változó)
- Lombhullás mértéke (ordinális változó)

A modellekben felhasznált fix változók:

- Növények eredete (faktor változó)

- Növény szám per cserép (faktor változó)
- Súlyvesztés (mindegyik változóhoz kölcsönhatásként adtuk hozzá, folytonos változó)
- Megfigyelés napja (folytonos változó)

A modellekben felhasznált véletlenszerű hatások:

- Magonc eredete (anyafa/eredet)

A számításaim során felhasznált kontrol (KON) és stressz (STR) növények számát a 5. táblázatban foglalom össze.

5. táblázat: A statisztikai számítások során felhasznált növények száma

Nes	Modell I.				Modell II.				Modell III.						
	Növekedés				Növekedés mértéke				Csúcsrügy fejlődés						
	KON		STR		KON		STR		KON		STR				
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
KLA	66	164	57	190	477	5	4	10	35	54	66	84	57	92	300
VOE	52	128	66	116	362	9	10	17	28	64	52	73	66	72	263
BOR	12	50	10	66	138	1	1	2	17	21	12	29	10	33	84
Össz.					977					139					647
Nes	Modell IV.				Modell IV.				Modell V.						
	Túlélési esély				Elhalt növények				Lombhullás						
	KON		STR		KON		STR		KON		STR				
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
KLA	65	162	50	167	444	65	155	30	51	250	43	104	19	30	196
VOE	52	125	55	107	232	52	124	37	56	213	40	96	24	29	189
BOR	11	46	10	52	67	11	45	6	9	62	10	45	5	7	67
Össz.					743					525					452

4.6.4.1. Modell I., a magoncok növekedését leíró modell

A Modell I alkalmazása során arra kerestem a választ, hogy a késő tavaszi gyenge szárazság milyen hatást gyakorol a magoncok fejlődésére. A modellben két mért magasságértéket vettem figyelembe (2014. július 1. és 2014. szeptember 4.). Megvizsgáltam melyik növény növekedett a két megfigyelés között, és a két adatsorból egy bináris adatsort hoztam létre. Az 1-es érték a növekedés jelenlétét, 0-s érték pedig a növekedés hiányát jelenti. Elemzésemben 977 növény vizsgálatára került sor. Általánosított lineáris kevert modellt (GZLMM) választottam a

lme4 statisztikai csomag alkalmazása során (Bates et al., 2015). Mivel egy véletlen hatás volt és nagy mintaelemszám, nem normális eloszlással, a véletlen hatást tartottam fontosnak, így a „Laplace Approximation” módszert használtam, továbbá a „Likelihood ratio (LR)” tesztet választottam, ami jól alkalmazható a véletlen hatás jelenlétekor. A növekedés jelenlétét (p) a következő modell írja le:

$$\log(p/(1-p)) = \alpha + \beta_E E + \beta_M M_1 + \beta_N N + \beta_{ES} + \beta_{M_1S} + \beta_{NS}$$

A modellben α a becsült hibtag, β az együttható, E az eredet (KLA,VOE,BOR), M_1 az szárazságot megelőző magasság, N a növény per cserép, S a tömegvesztés az első száraz időszak alatt.

4.6.4.2. Modell II., a növekedés nagyságát leíró modell

A következő lépésben kiválasztottam azokat a növényeket, amelyek az előző modellben 1-es növekedési értéket mutattak (139 növény), folytonos változóval dolgoztam és lineáris kevert modellt használtam (LMM) a nlme statisztikai csomag segítségével (Pinheiro et al., 2011). A növekedés nagyságát (p) a következő modell írja le:

$$\log(p/(1-p)) = \alpha + \beta_M M$$

A modellben α a becsült hibtag, β az együtthatót és M az szárazságot megelőző magasságot jelöli.

4.6.4.3. Modell III., a csúcsrügy fejlődését leíró modell

Ezután bináris változóként elemeztem a csúcsrügy fejlődését, a csúcsrügy jelenlétét az 1-es érték, hiányát a 0 jelenti. Általánosított lineáris kevert modellt (GZLMM) választottam, az lme4 statisztikai csomagot használtam (Bates et al., 2015). A modell I-hez hasonlóan itt is, mivel egy véletlen hatás volt és nagy mintaelemszám, nem normális eloszlással, valamint a véletlen hatásra voltam kíváncsi, a „Laplace Approximation” módszert használtam, továbbá a „Likelihood ratio (LR)” tesztet választottam, ami jól alkalmazható a véletlen hatás jelenlétekor. A csúcsrügy fejlődését (p) a következő modell írja le:

$$\log(p/(1-p)) = \alpha + \beta_E E + \beta_M M_1 + \beta_{ES} + \beta_{M_1 S}$$

A modellben α a becsült hibatag, β az együttható, E az eredet (KLA,VOE,BOR), M_1 a szárazságot megelőző magasság és S a tömegvesztés az első száraz időszak alatt.

4.6.4.4. Modell I., a túlélési esélyt leíró modell

A túlélési esély modellezésére általánosított lineáris kevert modellt (GZLMM) választottam a lme4 statisztikai csomag segítségével (Bates et al., 2015). A modell I és modell III-hoz hasonlóan, egy véletlen hatás volt és nagy minta elemszám, nem normális eloszlással, itt is a véletlen hatásra voltam kíváncsi, így a „Laplace Approximation” módszert használtam, valamint a „Likelihood ratio (LR)” tesztet választottam. A túlélés esélyének (p) tanulmányozására a következő modellt használtam:

$$\log(p/(1-p)) = \alpha + \beta_E E + \beta_M M_2 + \beta_N N + \beta_S S + \beta_{ES} + \beta_{M_2 S} + \beta_{N S}$$

A modellben α a becsült hibatag, β az együttható, E az eredet (KLA,VOE,BOR), M_2 az szárazságot követő magasság, N a növény per cserép, S a tömegvesztés a második a száraz időszak alatt.

4.6.4.5. Modell V., a lombhullás ütemét leíró modell

A modell V-nél kumulatív logisztikus regressziót használtam az „ordinal” szoftver statisztikai csomagtól (Christensen, 2013), az ott szereplő clmm parancs segítségével, melynek során az 1-8-ig skálázott értékeket 4 csoportra tudtam bontani növekvő sorrendben. 1-3-ig az értékek növekedése a lombhullás erősségét jelöli, majd a következő 4-es értékhez hozzárendeltem a 3-nál nagyobb értékeket is (4, 5, 6, 7 és 8). A csoportosítás azért volt szükséges, mert a 4-nél magasabb értékek egyértelműen a nyugalmi állapot jelenlétét jelezték. A lombhullás ütemének leírására (p) a következő modellt alkalmaztam:

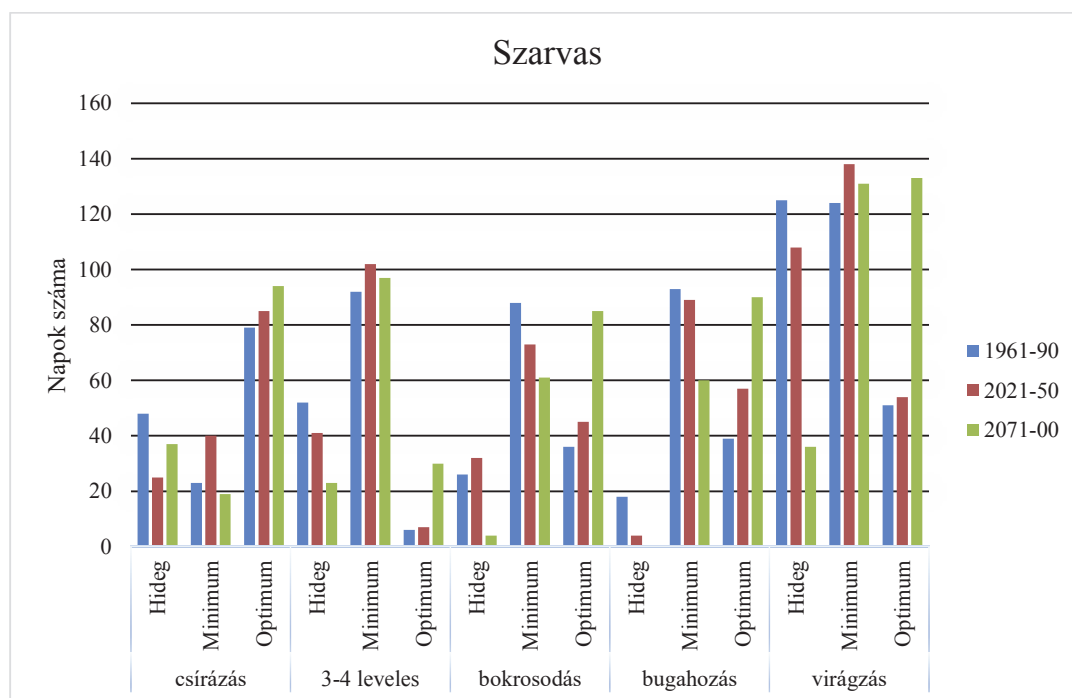
$$\log(p/(1-p)) = \alpha + \beta_{EN} EN + \beta_E E + \beta_M M + \beta_N N + \beta_S S + \beta_{ES} + \beta_{M S} + \beta_{N S}$$

A modellben α a becsült hibatar, β az együttható, EN az év adott napja, E az eredet (KLA,VOE,BOR), M az szárazságot követő magasság, N a növény szám cserepenként, S a súlyvesztés a második száraz időszak alatt.

5. EREDMÉNYEK

5.1. A rizs fejlődésének várható alakulása

Hazánk a potenciális rizstermesztő területek északi határán helyezkedik el. A különböző klímaforgatókönyvek egyértelmű melegedést jeleznek a következő évtizedekre. Kutatásom során arra kerestem a választ, hogy a klímaváltozás milyen hatással lesz a hazai rizstermesztésre. A vizsgálatot két helyszínen végeztük, Szarvason és Kisújszálláson. Ebben a fejezetben a Szarvasra kapott értékeket mutatom be, a Kisújszállás helyszínre kapott eredményeket a Függelékben szerepeltetem.



12. ábra: Fejlődési állapotok és kritikus hőmérséklet értékek változása, Szarvason

A rizs számára kritikus hőmérsékleti sarokértékek meghatározása után a hőmérsékleti értékek változását vizsgáltam. Számításaim alapját a RegCM3 modell által generált hőmérséklet adatok adták három időszakban (1961-1990, 2021-2050, 2071-2100). A rizs számára kritikus értékeket három csoportba osztottam (Hideg, Minimum, Optimum). Minden fejlődési állapotra 5 napos intervallumot vettem alapul, kivéve a virágzásra, ahol 10 napot adtam meg. Összességében az első 4 fejlődési állapotban 150 napot az utolsó fejlődési állapotban pedig 300 napot vizsgáltam

hőmérséklet szempontjából idősávonként. Az eredmények bemutatását fejlődési szakaszonként a 12. ábrán szemléltetem Szarvasra, Kisújszállásra pedig a Függelék 1. ábra tartalmazza.

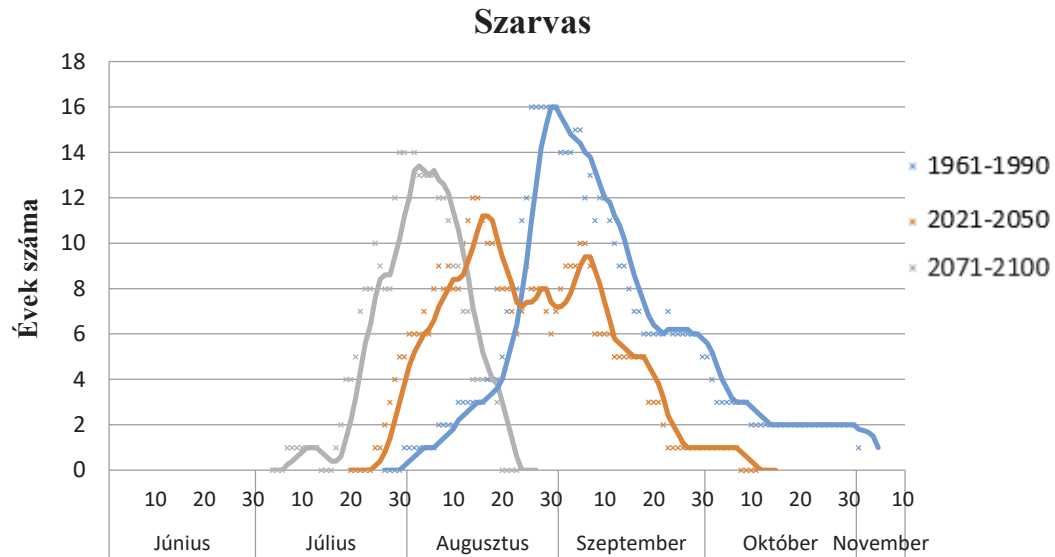
A két helyszín között, viszonylag kevés eltérés mutatkozik, ami abból adódik, hogy a két város földrajzilag közel helyezkedik el egymáshoz. Ugyanakkor kisebb eltérések már kimutathatók, igaz, azok markánsan nem befolyásolják a rizs fejlődését.

Következő lépésnek az effektív hő-összegmodell segítségével a jövőbeli fejlődési stádiumok várható időpontját számoltam ki, és hasonlítom össze a jelenlegi körülmények között tapasztalható időpontokkal. A modell segítségével itt is megnéztem mind a két helyszínen prognosztizálható változásokat. A Szarvasra számolt eltolódást a 6. táblázatban mutatom be, a Kisújszállásra vonatkozó értékeket pedig a Függelék 1. táblázatában. Jól látszik az időben való folyamatos korábbra való elmozdulás. A század végére markáns eltolódás várható a rögzített vetésidővel számolva. Például, ha a virágzás ütemét nézzük, közel 3 héttel korábbra tolódás várható.

6. táblázat: Rizs fejlődési szakaszai, és bekövetkezésük időpontjának alakulása Szarvason

a rizs fejlődési fázisai	jelenleg	2021-2050	2071-2100
csírázás	április 20-24.	április 20-24.	április 20-24.
3-4 leveles állapot	május 12-16.	május 9-13.	május 5-9.
bokrosodás	június 17-21.	június 14-18.	június 4-8.
bugahozás	július 17-21.	július 9-13.	június 30-július 4.
virágzás	július 25- augusztus 3.	július 20-29.	július 5-14.

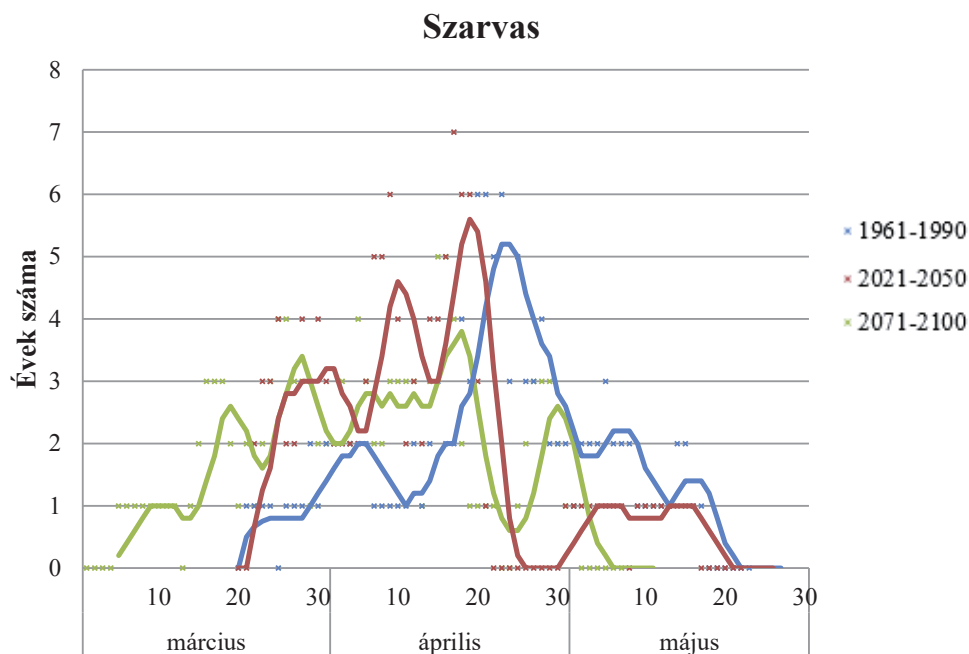
Kimutatható, hogy eltolódás várható a fejlődési állapotokban, viszont felmerül a kérdés, hogy a betakarítás időpontja is ennek függvényében változik-e majd a jövőben. A következőkben erre kerestem a választ. Az effektív hő-összeg modell alapján számoltam, az eredményeket Szarvasra a 13. ábrán mutatom be, Kisújszállásra ez a Függelék 2. ábráján látható. Az évek hőösszeg szempontjából modellezett értékeit az éghajlat-változási forgatókönyvek becslései alapján a század közepére és század végére, a múltra vonatkozó bázisidőszakkal hasonlítottam össze.



13. ábra: Rizs betakarítás alakulása Szarvason 1961-2100

Azt tapasztaljuk, hogy a betakarítási időszak markánsan lerövidül a század végére. Míg a múlt században elhúzódó betakarítással kellett számolni, sok esetben nem is sikerült megvárni az optimális érési állapotot, mert az időjárás nem volt alkalmas rá. Viszont a távoljövőben számításaim alapján, augusztus közepére szinte a legtöbb fajta eléri a szükséges érési állapotot a betakarításhoz. Megfigyelve az ábrát a közeljövőben egy jobban ellapított csúcsú grafikont látunk, ennek az okai között lehet, hogy sokszor még relatív hideg egy-egy év, viszont a meleg évek száma is arányosan csökken. Ez azt a feltételezést támasztja alá, hogy hazánk klímáját a szélsőséges klimatikus viszonyok is nagyban befolyásolják a közeljövőben. A távoljövőben viszont nem a kiegyenlítődés az oka a görbe hegyességének, hanem a hőmérséklet egységes növekedése.

Ez után arra a kérdésre kerestem a választ, hogy mennyire érintheti a vetésidőt ugyanez a tendencia, ami a betakarításnál látszik. Megvizsgáltam azokat az időszakokat minden évben, amikor 4 egymást követő napon a levegő napi átlaghőmérséklete elérte a +11°C-ot. A gyakoriságokat a három vizsgált időszávr, Szarvasra vonatkozóan a 14. ábrán ismertetem, Kisújszállásra ugyanez a Függelék 3. ábrán látható.



14. ábra: Vetési hőmérséklet alakulása Szarvason, 1961-2100

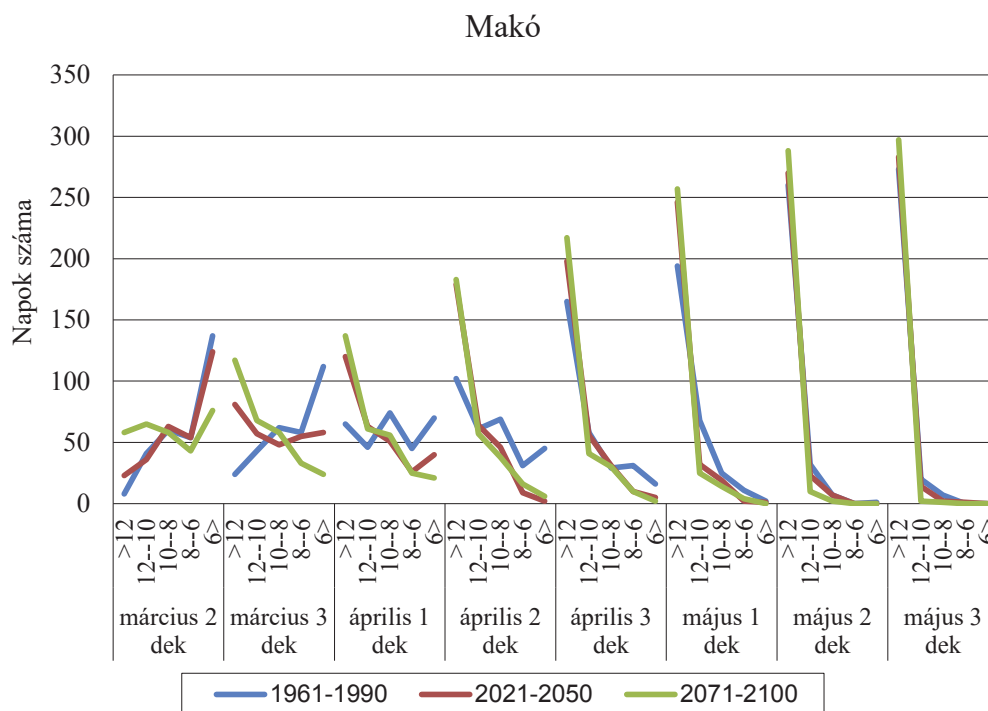
Jól látszik, hogy mind a két helyszínen érzékelhető a század vége felé történő enyhe melegedés - vetésidők korábbra tolódása -, viszont ha megnézzük a görbe meredekségét, egyértelműen látszik, hogy vannak évek, amikor már március közepén lehetséges a vetés, ugyanakkor a modell mutat éveket, ahol csak április közepén-végén lehetséges. Ennek a jelenségnek az okai között lehet, hogy a szélsőségek erősödni fognak és némelyik évben már egy március közepi időszakban a talaj hőmérséklete eléri a vetéshez szükséges értéket, ugyanakkor sok esetben csak április 2-ik dekádjában prognosztizálható ez a hőmérséklet. Az adatok elemzése közben is sokszor szembesültünk enyhe lehűlés esélyével, esetleg késő faggyal, ami az éghajlati anomáliák gyakoriságának növekedését támasztja alá. és a jövőben terméskockázattal járhat, mert komoly károkat okozhat a fejlődő rizsállományban.

5.2. Vöröshagyma időjárástól függő paramétereinek alakulása

Kutatásom során a hazánkban évszázadok óta sikeresen alkalmazott dughagymás technológia időjárással szembeni érzékenységét vizsgáltam meg klímaváltozás szempontjából.

Első lépésben a hideghatás ($+6\text{ °C}$ alatti napi átlaghőmérsékletet) előfordulásának várható gyakoriságát vizsgáltam Fertőd és Makó helyszínekre. Az eredményeket Makóra a 15. ábrán, Fertődre pedig a 16. ábrán szemléltetem. Az ábrákon a dughagymás termesztési technológia

számára fontos tavaszi hónapokat, március 2-ik dekádjától május végéig ábrázoltam, dekádonkénti beosztással. Az elemzés során dekádonként 900 nap átlaghőmérséklet adatai vannak feltüntetve a 3 szokásos időzónába sorolva, 1961-től 2100-ig. Megfigyelhető, hogy mind a két helyszínen április végétől meleg, $+12\text{ °C}$ feletti várható átlaghőmérsékletek jellemzőek. A 14. ábra alapján elmondható, hogy Makón az optimális ($+12\text{ °C}$ napi átlaghőmérséklet) napok számának növekedésével lehet számolni. Míg a múltban április első dekádjában a hideg, meleg és átmeneti hőmérsékletű napok aránya hasonló volt, a század végére lassú melegedés mutatkozik. Hasonló tendencia figyelhető meg március 3-ik dekádjában is, ahol a közeli és a távoli jövő között nagyobb eltérés tapasztalható, mint a rákövetkező dekádban.



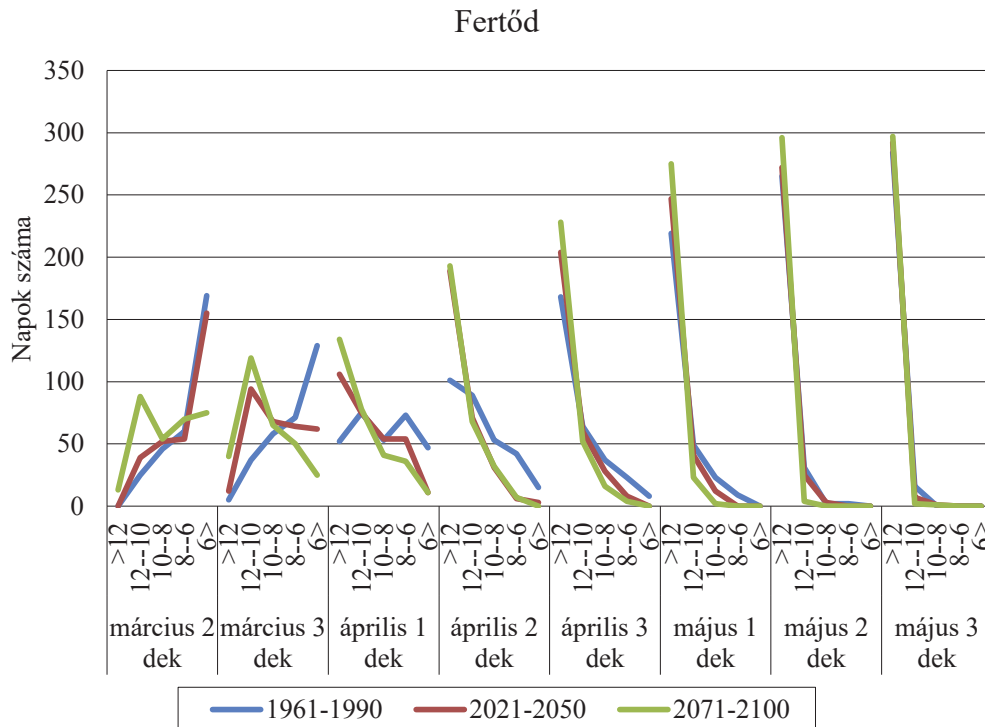
15. ábra: Napi átlaghőmérsékletek alakulása, Makón, 1961-2100

(Turcsán et al., 2012)

Március második dekádjára a múlt és a közeljövő között a modell nem mutat markáns eltérést, ugyanakkor a távoljövőben a napok számának eloszlása kiegyenlítettnek minősül a különböző hőmérsékleti csoportokra nézve.

Fertődön hasonló tendencia figyelhető meg azzal a különbséggel, hogy a $+10-12\text{ °C}$ közötti napok száma meghatározó március 2-ik és 3-ik dekádjában, a távoljövőre és a közeljövőre egyaránt. Az eredmények alapján egyértelműen elmondható, hogy felmelegedés valószínűsíthető itt is, ugyanakkor nem olyan mértékű, mint Makón. Elmondható, hogy a modell alapján az április

első dekádjára emlékeztető hőmérsékleti adatok mutatkoznak március 3-ik dekádjára a közeljövőben, és március 1. dekádjára a távoljövőben.



16. ábra: Napi átlaghőmérsékletek alakulása, Fertőd, 1961-2100

(Turcsán et al., 2012)

Következő vizsgálatom a hő-stressz előfordulási lehetőségeire vonatkozott a vegetációs időszakban. A 7. táblázatban mutatom be azon napok számának változását, ahol a hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 33 °C-ot. Ez az érték számít a vöröshagyma számára kritikus értéknek, amikor a növény fejlődése leáll.

7. táblázat: Hő-stresszes napok számának alakulása Makón és Fertődön

(Turcsán et al., 2012)

Makó						
	április	május	június	július	augusztus	összes
1961-1990	0	4	71	148	111	334
2021-2050	1	31	141	218	104	495
2071-2100	1	63	268	301	322	955
Fertőd						
	április	május	június	július	augusztus	összes
1961-1990	0	2	41	63	14	120
2021-2050	1	10	45	76	26	158
2071-2100	0	27	148	212	143	530

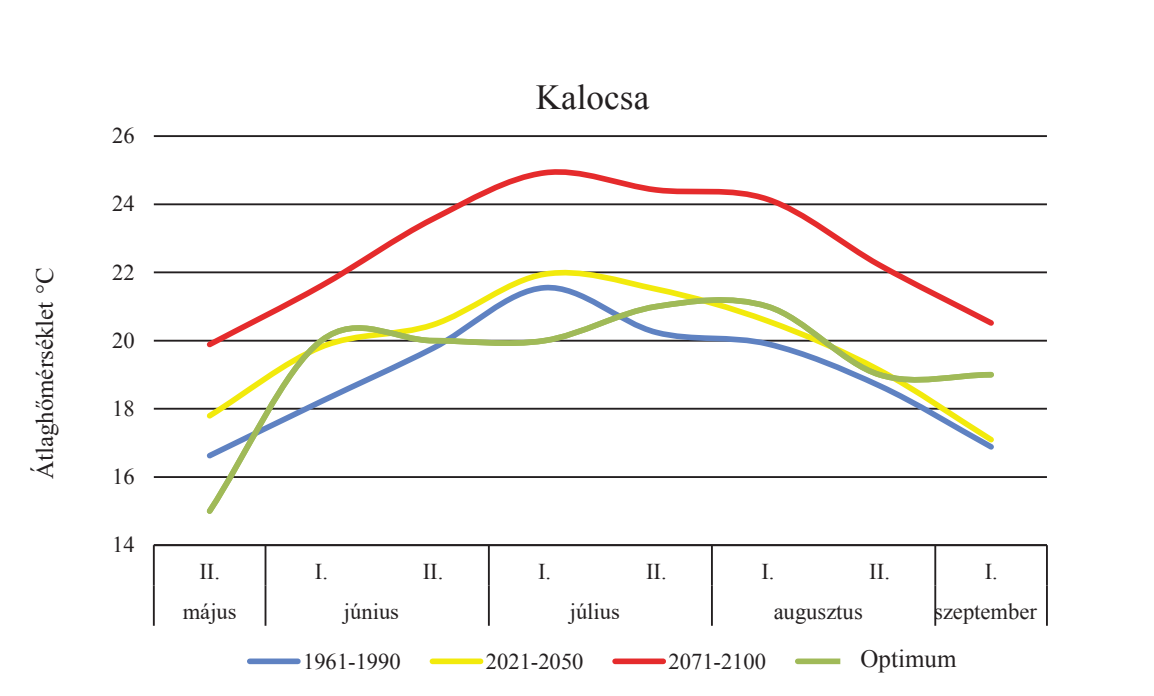
Minden idősávban 30-30 év hőmérsékleti adatait néztem meg, a kigyűjtött számok a vizsgált években várható forró napok számát jelzik. Makó esetében elmondható, hogy a forró napok már a múltban is jelen voltak, és főként a júliusi hónapra koncentráltak. A közeljövőben a napok eloszlása nem mutat nagy különbséget, ha azt is figyelembe vesszük, hogy az adatok 30 évet ölelnek fel. Ugyanakkor a júniusi extrém meleg napok száma megkétszereződhet, ami meghatározó lehet a hagyma fejlődése során. Augusztusra viszont pont ellenkező mondható, itt a meleg napok száma enyhe csökkenést mutat. A század végére a modell becslése alapján a meleg napok száma megháromszorozódhat. A júniusi meleg napok száma közel a négyszeresére nő, ugyanakkor júliusban csak a kétszeres növekedés mutatható ki, a modell alapján.

Fertődre vonatkozóan elmondható, hogy a közeljövőben a forró napok száma nem fog markánsan változni. A század végére ugyanakkor itt is határozott emelkedés prognosztizálható, arányaiban júniusban a legjelentősebb a változás. Összegezve elmondható, hogy egy lassú észak felé történő optimális termesztési feltételek eltolódása várható, a századvégi hő-stresszes napok száma hasonló Fertődön, a Makón a közeljövőben megfigyelhető értékekhez.

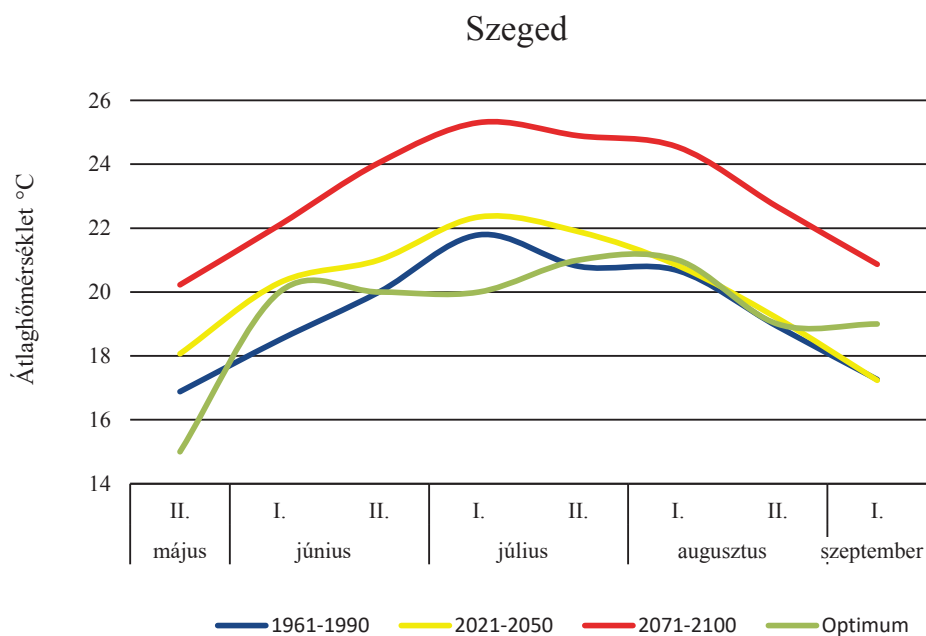
5.3. Fűszerpaprika időjárástól függő paramétereinek alakulása

A klímaváltozás Magyarországon átlaghőmérséklet növekedést és elhúzódozó hőmérsékleti hullámokat eredményez a következő évtizedekben. Kutatásom során arra kerestem a választ, hogy a klímaváltozás milyen hatással lesz a hazai szabadföldi fűszerpaprika termesztésre.

A hőmérséklet változásait a RegCM3 modell segítségével vizsgáltam. A modell által előállított hőmérsékleti értékeket és a paprika számára optimális értékeket Kalocsa (17. ábra) és Szeged (18. ábra) területén tanulmányoztam. A számításhoz felhasznált adatokat a Függelékben mutatom be (Függelék, 2. táblázatban Kalocsára, a 3. táblázatban Szegedre vonatkozóan).



17. ábra: Napi átlaghőmérsékletek alakulása Kalocsán, 1961-2100, összehasonlítva az egyes időszakokra optimális hőmérséklet értékekkel
(Turcsán et al., 2012)



18. ábra: Napi átlaghőmérsékletek alakulása Szegeden, 1961-2100, összehasonlítva az egyes időszakokra optimális hőmérséklet értékekkel
(Turcsán et al., 2012)

A zöld vonal irodalmi adatok alapján (Márkus és Kapitány, 2001) az optimális hőmérsékleti értékeket mutatja a különböző fejlődési időszakokban a szabadföldi fűszerpaprika esetén. Jól látható, hogy a közeljövőben (sárga vonal) és a múltban (kék vonal) a hőmérsékleti értékek közel helyezkednek el az optimumhoz, Kalocsa és Szeged esetében egyaránt. Az eredmények alapján elmondható, hogy a közeljövőben még kedvezőbb feltételekkel számolhatunk. Ugyanakkor a tavaszi időszakban a különbségek az optimális állapothoz képest a jövőben nőnek, amire fel kell készülni. A távoljövő adatai (piros vonal) térnek el a legjobban az optimális értéktől. A kritikus 5 °C közeli eltérést az optimumhoz képest a május végi és a július eleji időjárási adatoknál találtam a távoljövőben. A két vizsgált helyszín közül a Szegedre vonatkozó értékek voltak magasabbak, de a különbség itt sem haladta meg az 1 °C-ot.

5.4. Szőlő termesztés és bor készítés és éghajlat kapcsolata

Kutatásom célja az adaptációs „turning point” alkalmazása volt a hazai szőlő és bortermesztésre. Az adaptációs „turning point” a természeti folyamatok elemzésén túl figyelembe veszi a klímaváltozás hatását, a társadalmi és ökológia rendszerek, valamint a szereplők érdekeit is (Werners, 2012). A kutatás során egyrészt mélyinterjúk segítségével egy átfogó képet készítettem a hazai szőlő és bor jelenlegi helyzetéről, majd a Helvéciaán megfigyelt szőlő és bor beltartalmi értékeket használtam fel a szőlő, bor és klíma kapcsolatának tanulmányozására. Végezetül klímaforgatókönyvek segítségével a jövőbeli lehetőségeket mértem fel szőlőtermesztés szempontjából.

5.4.1. Kérdőíves felmérés a hazai szőlőtermelői helyzetkép megismerésére

Ahhoz, hogy megismerjük a szőlő termelésről és a bor előállításról alkotott jelenlegi helyzetképet, szőlővel és borral kapcsolatos vizsgálataimat egy mélyinterjú felméréssel kezdtem (a kérdések a Függelékben megtalálhatóak). Szakértőket kérdeztem meg tapasztalataikról, akik több mint tíz éve foglalkoznak szőlőtermesztési támogatások elbírálásával, szőlő nemesítés ellenőrzésével és szőlőtermesztéssel. Ők, mint a Nemzeti Élelmiszerlánc-Biztonsági Hivatal, valamint a Növénytermesztési és Kertészeti Igazgatóság munkatársai, napi szinten kapcsolatban vannak a vizsgált, Kunság és Eger borvidékek termelőivel és forgalmazóival. Mind a két

borvidéken aszály és fagykár figyelhető meg, ezért bizonyult jó választásnak ennek a két, egyébként eltérő jellemzőkkel rendelkező borvidéknek a kijelölése vizsgálatomhoz. A szakértőktől kapott információkat az alábbiakban foglalom össze.

Egerben 2002-ben kemény téli fagyok okoztak komoly termés kiesést, 2012-ben pedig komoly jégkár jelentkezett, sok helyen még a fás részek is sérülést szenvedtek. A termelők az elmúlt években eddig ismeretlen helyzetekkel és károkkal szembesültek a növényvédelem területén. 2010-ben peronoszpóra jelentkezett a virágzási ciklusban, ami eddig ismeretlen volt. A termés sok helyen 40%-os kárt szenvedett a térségben. 2011-es komoly aszály után felmerült az öntözőrendszer létjogosultsága, ugyanis ebben a régióban a csapadék 250 mm alatt volt a tenyészidőszak során, ami különösen aszályos évek minősül.

Hasonló komoly aszály jelentkezett 2003-ban a Kunsági-borvidéken is. A fagykár megszokott ezen a borvidéken, viszont 2011-ben extrém, -25°C - -27°C -os mértékű volt, ami a fás részek elfagyásához vezetett az érzékeny fajtáknál. A teljes regenerációhoz sok helyen minimum 3-4 év szükséges, hiszen újra kell nevelni a szőlőkarokat is. Az elmúlt évtizedekben a művelésmód változása következett be ezen a vidéken. Az eddigi takarásos fejművelési technológiáról a jól gépesített magasabb művelésmódra tértek át a termelők. Ez ugyan csökkentette a termelési költségeket, viszont növelte a fagykár lehetőségeit a térségben a téli időszak során, hiszen a szőlőtőkék nem fedik be a nyugalmi időszak során talajjal. Szintén problémaként jelentkezik, hogy a téli fagykár során elvesztett tőkék pótlása elmarad. A hiány kiküszöbölésére a szomszédos tőkék továbbnevelése jellemző a területen, ezáltal növelve a tőkék terhelését, ami sajnos csökkenti a faggyal és betegségekkel szembeni ellenálló képességüket. Sok helyen bevett mód a nemes fajták saját gyökerének használata, mivel a homokos talaj védelmet jelent a filoxéra ellen. A megfelelő (szárazságtűrő) alany használatával csökkenthető lenne az aszálykár hatása.

A vizsgált borvidékeken az illatos és rezisztens fajták elterjedése tapasztalható. E fajták azonban fokozott érzékenységet mutatnak aszály és hő stressz szempontjából. Az interjúalanyok egybehangzó véleménye alapján az időjárás meghatározó hatással van a szőlő, a must és a bor minőségére. Az érési időszak során bekövetkező magas hőmérséklet hatására a must savtartalma drasztikusan csökken, aminek negatív hatása van a bor aroma és illat összetételére. Hazai feltételek között 5 g/l must titrálható savtartalom jelenti az alsó határértéket. A magyar mustfok szintén fontos szerepet tölt be a jó bor előállításában. A magyar mustfok fehérborok esetén fajtánként változó, 19-20 fok körül tekinthető ideálisnak.

A magas átlaghőmérséklet, és a csapadékhiány az érési időszakban alacsony sav és magas cukortartalmat idéz elő, ami erős alkoholtartalmú, fajtajellegét enyhén mutató bort eredményez. Fokozott érzékenységet mutatnak a magas érési időszakbeli hőmérséklettel szemben a *Tramini*, az

Aletta, a *Chardonnay* fajták. A Kunsági-borvidék gyorsan hevülő homoktalajai ezt a hatást felerősítik. Ugyanakkor bizonyos fajták (*Budai*, *Badacsony*, *Arany sárfehér*, *Pintes*, *Viktor*) jó eredményeket mutatnak extrém meleg időjárási körülmények között is.

Egy-egy különösen meleg évnek pozitív hatása is lehet. 2011-ben a csapadékban viszonylag gazdag júliust szokatlanul meleg és száraz augusztus követte. Ennek következtében a vörösbor szőlőfajták eddig nem tapasztalt, mediterrán, testes ízekben gazdag évjáratot produkáltak. A magas hőmérsékletek hatására korai szürettel reagáltak a termelők a bor minőségének megőrzése érdekében. A szokatlanul rövid szüretidő sok helyen komoly kihívást jelentett a szőlő feldolgozása során. A megszokott mennyiség többszörösét kellett egy időben préselni és erjeszteni, ami esetenként komoly helyhiánnyal járt.

Fontos szerkezeti eltérés a két borvidék között, hogy míg az Egri-borvidéken a szőlőtermelés és a pincészet szorosan kötődik egymáshoz, a Kunsági-borvidéken túlnyomó többségben mindez különvált. A termelők sok esetben nem tudják magasabb áron értékesíteni a jó minőségű szőlőt, viszont a borászatok magasabb áron adják tovább a jó évjárat borait. Az Egri-borvidéken ugyanakkor a szőlőtermelés és bor előállítása legtöbbször egy kézben összpontosul, ami jó évjárat esetén mind a szőlészet, mind a borászat számára kedvező. A szőlőtermelés tekintetében szintén markáns különbség mutatkozik a két borvidék között. Az Egri-borvidéken a minőségen van a fő hangsúly, a Kunsági-borvidéken ugyanakkor a mennyiségi termelés játszik fontos szerepet.

Az interjúalanyok egyértelmű véleménye alapján a termelők nyitottak az újdonságokra, aminek főként pozitív hatása van. Mind az állami, mind az EU támogatások népszerűek a termelők és borászok körében. A Kunsági-borvidék különösen magas pályázati aktivitást mutat, az országos pályázatok 60%-a ide összpontosul. A támogatások szerves részét alkotják a legtöbb beruházásnak, a szőlőtermesztésben és feldolgozásban egyaránt.

5.4.2. Szőlő - klíma eredmények

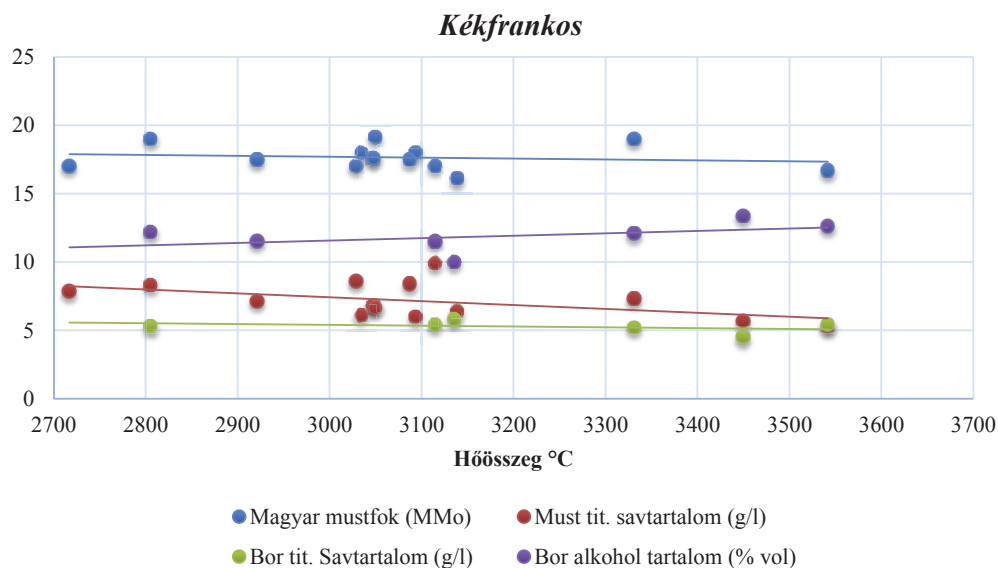
Kutatásom alapját a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Helvéciai kísérleti állomásán rögzített adatok adták.

5.4.2.6. Vörösbor minősége és a klíma kapcsolata

A vörösbor szőlőfajták eltérő érzékenységet mutattak a hőmérsékleti és csapadék változékonyságával szemben, mint a fehérbor szőlőfajták. A két vizsgált szőlőfajta közül a

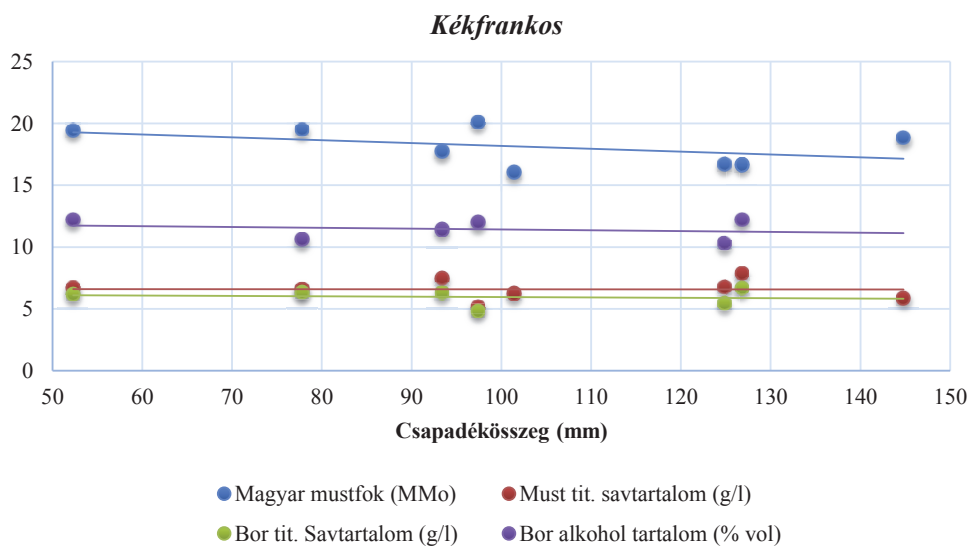
Kékfrankos, amely jellemzően Kárpát-medencei fajta, nem mutat különösebb minőségbeli eltérést a hőmérséklet és csapadék változásával szemben.

A *Kékfrankos* bor és must paraméterek változását a 19. ábrán követhetjük nyomon a teljes tenyészidőszak során megfigyelt napi átlaghőmérsékletek kumulatív értékeinek függvényében. Jól látható, hogy a must cukor illetve a bor alkohol és savtartalma szinte független a hőmérsékleti értékektől. A must titrálható savtartalma viszont lassú csökkenést mutat a hőmérséklet növekedésével. A legalacsonyabb megfigyelt értéket a legmelegebb évben jegyezték fel.



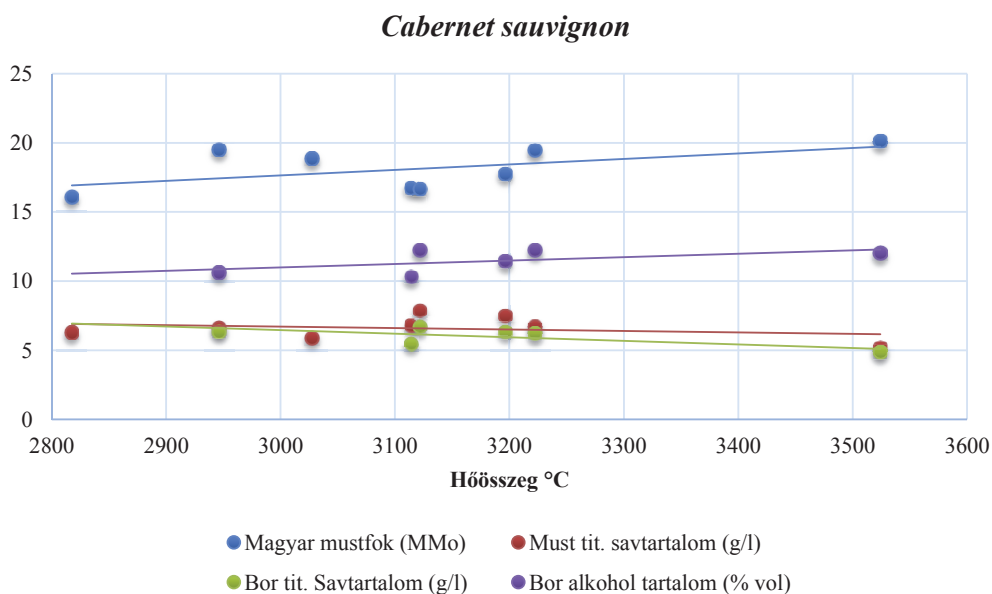
19. ábra: *Kékfrankos* must és bor paramétereinek változása a kumulatív hőmérsékleti értékektől függően, a teljes tenyészidőszak alatt

A *Kékfrankos* must és bor paraméterek változását a zsendülés és bogyórés közötti időszakban a napi csapadékmennyiség kumulatív értékeinek függvényében a 20. ábra mutatja. A vizsgált időszakban megfigyelt esős évek során a cukorfok csökken, viszont a must savtartalma, illetve a bor sav- és alkoholtartalma nem mutat változást a csapadék függvényében. Érdekes módon a legcsapadékosabb évben viszonylag magas cukorfokkal tudtak szüretelni, többek között emiatt nem állapítható meg szoros összefüggés. A teljes időszak során regisztrált csapadék hatását a Függelék 5. ábráján, a hőmérsékleti adatok a zsendülés és az érés közötti időszakra vonatkozóan a Függelék, 4. ábráján láthatók.



20. ábra: Kékfrankos must és bor paramétereinek változása zsendülés és bogyóérés között a kumulatív csapadék értékek függvényében

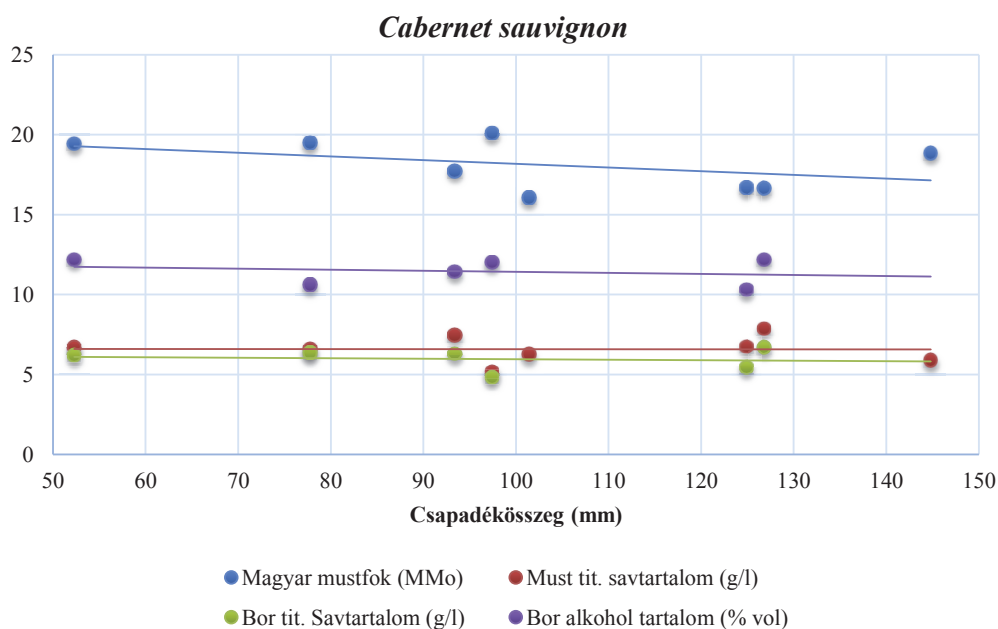
Kutatásom során a *Cabernet sauvignon*, mint kiemelten fontos vörösborfajta került vizsgálatra. A 21. ábra mutatja be a must és bor paramétereinek változását a tenyészidőszak során rögzített kumulatív napi átlaghőmérsékletek függvényében.



21. ábra: Cabernet sauvignon must bor paraméterek változása a teljes tenyészidőszak alatt a kumulatív hőmérsékleti értékektől függően

Látható, hogy a melegebb év magasabb cukor és alkoholtartalmat eredményez. A megfigyelt évek közül 2007-es volt az egyik legmelegebb. Ebben az évben a *Cabernet sauvignon* Magyar cukorfoka elérte a 20,10 értéket, ugyanakkor a titrálható must savtartalom 5,17 g/l volt. A bor alkoholtartalma 12 Vol% értéket jelez, a bor titrálható savtartalma pedig 4,83 g/l. A *Cabernet sauvignon* szempontjából a 2007-es évjárat kimondottan jónak minősül Helvéción. Ugyanebben az évben a *Kékfrankos* átlagos must és bor paraméter értékeket produkált. A zsendülés és bogyóérés közötti időszak eredményeit a Függelékben (6. ábra) mutatom be.

A csapadékos években szintén alacsony cukorfokot figyelhettünk meg Helvéción, ugyanakkor az egyik legcsapadékosabb évben, 2003-ban a must cukortartalma elfogadható volt. A csapadék hatását a zsendülés és a bogyóérés közötti időszakban a 22. ábrán láthatjuk. A teljes időszak során regisztrált csapadékösszegek hatását a Függelékben (7. ábra) mutatom be. Elmondható, hogy a zsendülés és bogyóérés közötti csapadék mennyisége kevésbé befolyásolja a must és bor fontosabb értékeit, ugyanakkor a teljes tenyészidőszak során lehullott nagyobb mennyiségű csapadék növeli a must és bor savtartalmát.



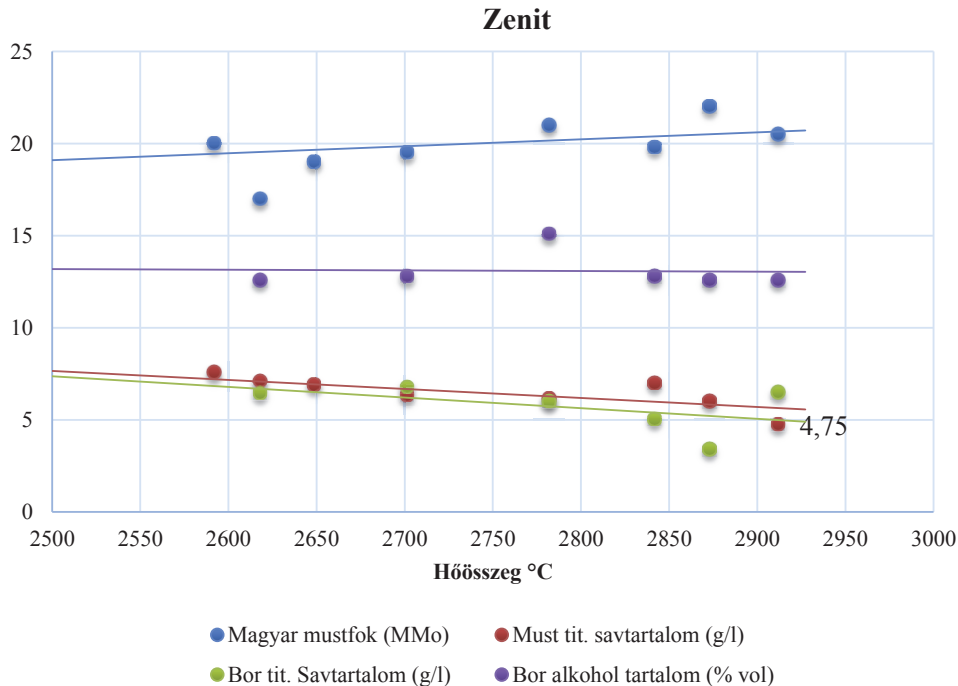
22. ábra: A *Cabernet sauvignon* must és bor paramétereinek változása zsendülés és bogyóérés között a kumulatív csapadék értékek függvényében

5.4.2.7.Fehérbor minősége és a klíma kapcsolata

A fehérbort adó szőlőfajták közül a két kárpát-medencei fajta (*Zala gyöngye* „Egri csillagok 24”, *Zenit* „Badacsony 7”) kevésbé mutat érzékenységet a hőmérséklet vagy a csapadékviszonyok változása tekintetében.

Zala gyöngye fajtára minimális, 4 év adata állt rendelkezésemre, így ebben az esetben nehéz tendenciát megállapítani. Az eredményeket a függelék 8-11. ábrája szemlélteti. A megfigyelések alapján elmondható, hogy a cukorfok egy melegebb és szárazabb év során magasabb értékeket produkált, ugyanakkor a titrálható savtartalomban nagy változás nem mutatható ki az évjárat függvényében.

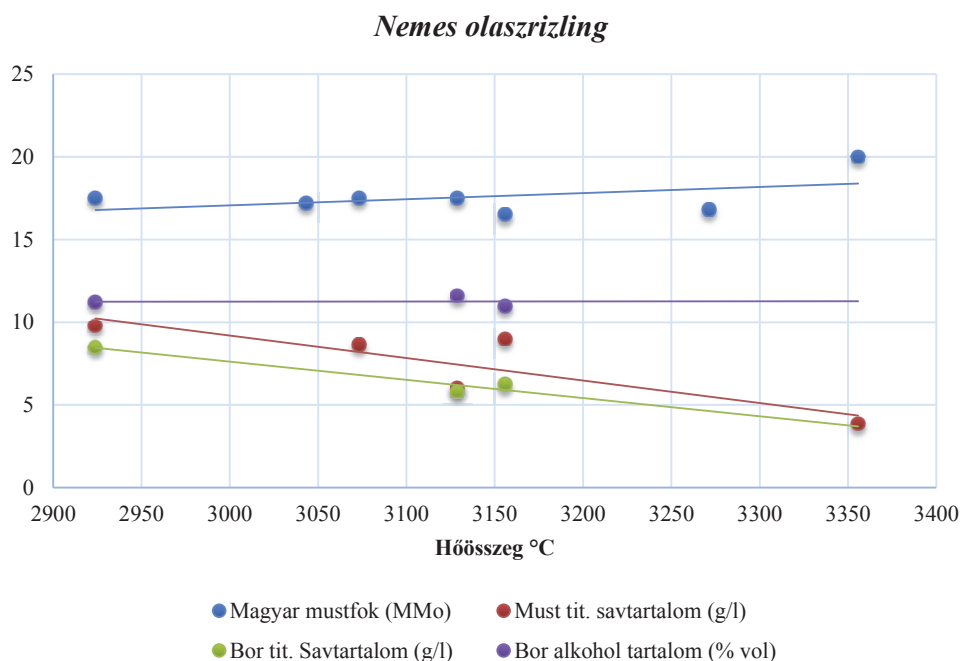
A *Zenit* fajtánál az tapasztalható, hogy melegebb év hatására nő a must cukorfoka, illetve csökken a must titrálható savtartalma (23. ábra). Megállapítható, hogy az egyik legmelegebb év során, 2007-ben a must savtartalma 5 g/l alá csökkent (4,75 g/l). Ez Sárkány Judit elmondása alapján gondot jelentett a feldolgozás során a megfelelő minőség megtartásában (Sárkány, 2011). A hőmérséklet és csapadék hatását a zsendülés és bogyóérés közötti időszakban, illetve a teljes vegetációs idő alatt a függelékben (12-14. ábra) mutatom be.



23. ábra: *Zenit* must bor paraméterek változása teljes tenyészidőszak alatt a kumulatív hőmérsékleti értékek függvényében

Hasonló tendencia figyelhető meg a *Nemes olaszrizling* esetében is. A 2003-as meleg év hatására a Magyar mustfok értéke meghaladta a 20 fokot, ugyanakkor a savtartalom drasztikus csökkenését a 3,85 g/l értékkel jegyezték fel. A bor paraméter adatok sajnos nem kerültek feljegyzésre ebben az évben. A 2000-es meleg év során a cukorfok szintén hasonló értékeket ért el, mint 2003-ban és a bor alkoholtartalma 12,4 Vol%-ot mutatott. A must titrálható savtartalma ugyanúgy extrém alacsony volt, csupán 4,7 g/l ebben az évben.

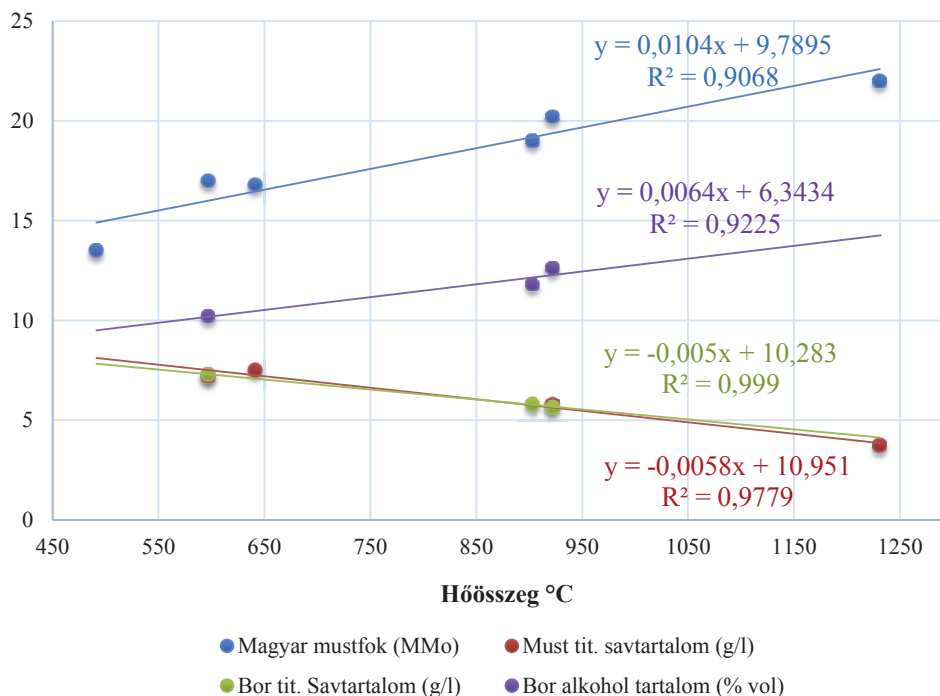
A *Nemes olaszrizling* must és bor paramétereinek változását a teljes vegetációs időszak hőmérsékletének függvényében a 24. ábrán mutatom be. A zsendülés és bogyóérés közötti időszakban, valamint a teljes tenyészidőszak alatt a csapadékösszeg hatását, és a hőmérsékleti értékek hatását a zsendülés és érés közötti időszakban a függelék 15-17. ábráin szemléltetem.



24. ábra: *Nemes olaszrizling* must bor paraméterek változása a teljes tenyészidőszak kumulatív hőmérsékleti értékének függvényében

A vizsgált adatok közül csak az *Olaszrizling B. 20* fajta adatai adtak magas korrelációs együttható értéket, a hőmérsékletváltozás függvényében. A zsendülés és bogyóérés közötti időszak alatti hőmérsékletnek a must és bor paraméterekre gyakorolt hatása a 25. ábráról olvasható le.

Olaszrizling B. 20



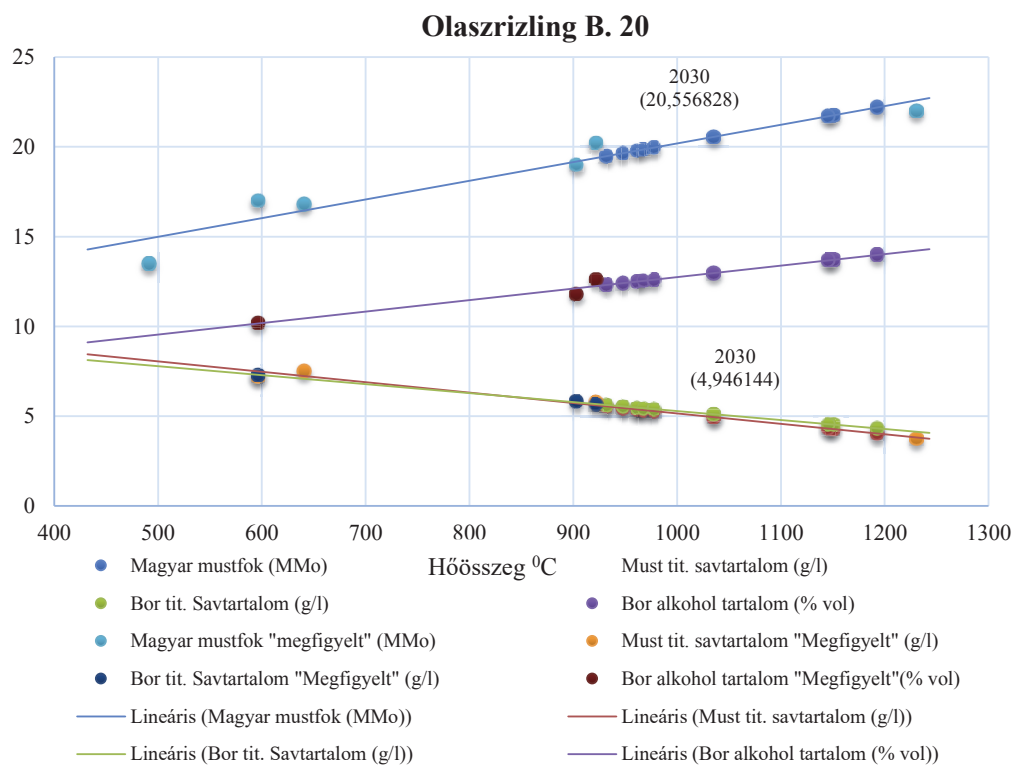
25. ábra: Olaszrizling B. 20 must és bor paramétereinek változása zsendülés és bogyóérés között

Látható, hogy a hőmérséklet növekedésével a Magyar mustfok is növekedik, ugyanakkor a must titrálható savtartalma csökkenést mutat. A további eredményeket a hőmérséklet és csapadék hatását a teljes vegetációs során és a csapadék hatását a zsendülés és bogyóérés közötti stádiumban erre a fajtára is a függelékben mutatom be (18-20. ábra).

5.4.3. Must és bor paraméter értékek várható változása a jövőben

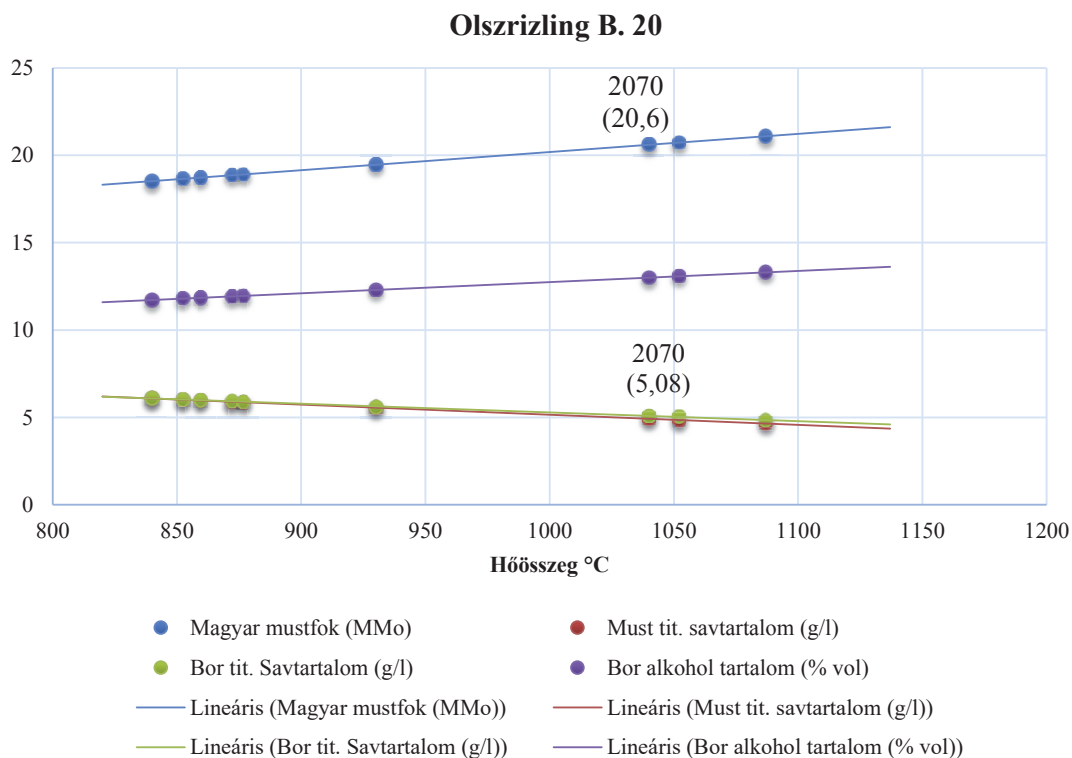
A regressziós görbe és a RegCM3 által generált adatok segítségével becsültem az *Olasz rizling B. 20* must és bor paramétereinek alakulását Helvécia (26. ábra) és Eger (27. ábra) borvidékeken. A RegCM3 modell lassú átlaghőmérséklet emelkedést mutat mind a két térségre. A modell által használt adatokat 10 év átlaga adta. Az átlag számolásával tendenciát figyelhetünk meg. Az egy-egy extrém meleg vagy hideg év értékei az átlag értékeit befolyásolják, de a grafikonon nem jelennek meg. A modell alapján elmondható, hogy a must Magyar cukorfoka a 20 fokos értéket a 2030-2040 közötti időszakban éri el Helvécián. Ugyanebben az időszakban a must titrálható savtartalma a kritikus 5 g/l érték alá csökken. A bor alkoholtartalma szintén növekvő

tendenciát mutat a must cukortartalmával összhangban, a bor savtartalma pedig szintén a must savtartalmával összhangban csökkenő tendenciát mutat.



26. ábra: Olaszrizling B. 20 megfigyelt és modellezett adatok (must, bor paraméterek és kumulatív hőmérséklet a zsendülés és bogyóérés között) 1961-2100 időszakban, Helvéción

A modell alapján Egerben a kritikus értéket a 2070-2080 közötti időszakban éri el a must titrálható sav és Magyar mustfok értéke (27. ábra). Ez azt jelenti, hogy ott később számíthatunk az éghajlatváltozás negatív hatására, azaz több időnk van felkészülni.

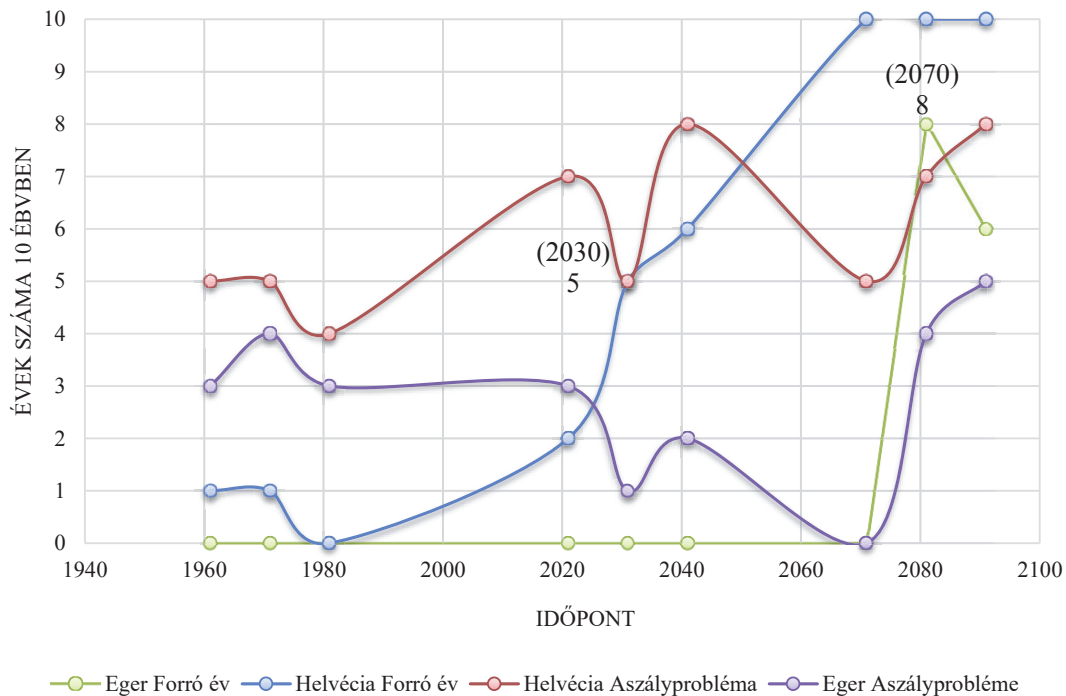


27. ábra: Olszrizling B. 20 modellezett adatok (must, bor paraméterek és kumulatív hőmérséklet a zsendülés és bogyóérés között) 1961-2100 időszakban, Eger

5.4.4. Szőlő terméskockázat elemzése

A megfigyelt adatok és az interjúk eredménye alapján megállapítottam a szőlő számára meleg évek tekinthető hőmérsékleti értékeket, illetve az aszályos évek tekinthető csapadékmennyiség értékét. A tenyészidőszak során hullott csapadék mennyisége 250 mm alatt kritikusnak mondható, ami fejlődési problémákat idézhet elő. Hőmérséklet szempontjából a 3000 °C kumulatív érték határozható meg kritikusnak a tenyészidőszak során. A fehérboroknál e felett az érték felett az alacsony savtartalom okozhat problémát, míg a legtöbb vörösbornál pozitív hatást eredményez. Az eredményeket a 28. ábrán mutatom be. A modell alapját a RegCM3 által generált hőmérséklet adatok adták. A vizsgált időszakot 10 éves periódusokra bontottam és a 10 év során várható forró évek számát, illetve aszályproblémás évek várható számát vizsgáltam. A forró évek és az aszály együttes megjelenése komoly gondot eredményezhet. Az ábrán jól látható, hogy 2030 és 2040 között minden második évben aszályprobléma jelentkezik és emellett az extrém meleg évek száma is hasonlóan alakul Helvéciaán. Egerben a csapadék okozta problémás évek száma 2070-ig csökken, majd a század végére 10 vizsgált évből 5 aszályos évre kell várhatóan

felkészülnünk. A hőmérsékleti adatok csupán 2070-ben érik el a határértéket, ugyanakkor 2070-80 között 8 forró évet jelez a modell, ami felkészülést igényel.



28. ábra: Borszőlő fejlődése szempontjából kockázatos évek becsült száma az időjárás függvényében 1961-2100 között

5.5. Erdészeti növények –kocsánytalan tölgy– vizsgálatának eredményei

A hazai erdészet szempontjából kiemelkedően fontos szerepet töltenek be a tölgyfélék. A klímaforgatókönyvek hosszabb aszályos időszakokat jeleznek előre a következő évtizedekben. Kutatásom során arra kerestem a választ, hogy az egy éves tölgy magoncok hogyan reagálnak egy rövidebb nyár eleji és egy hosszabb nyár végi aszályos időszakra az első tenyészidőszak során. Ezen kívül fontosnak tartottam tanulmányozni a magok származási helye és a magoncok aszályra adott válaszreakciói közötti összefüggést.

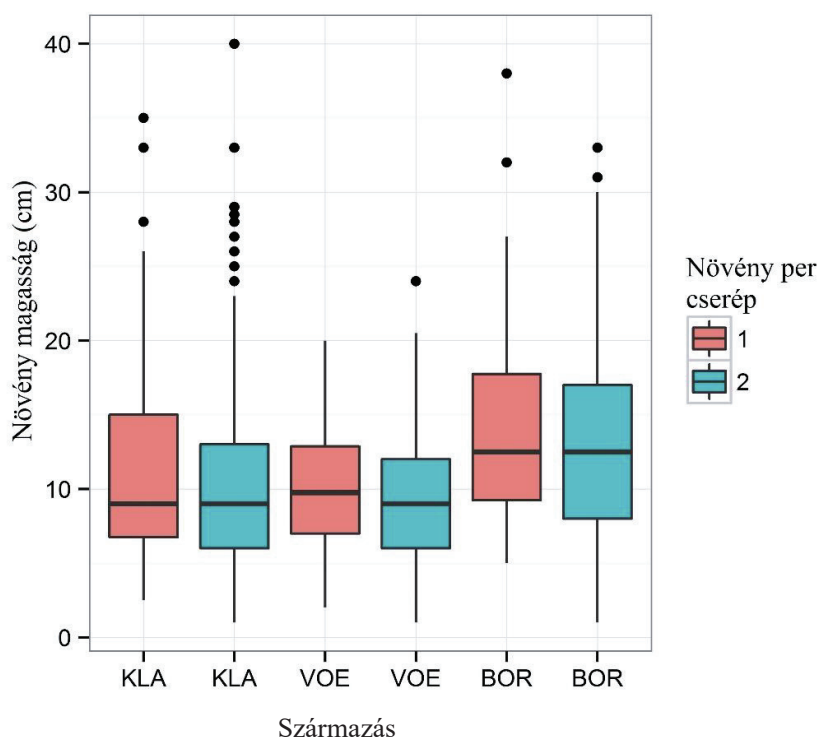
5.5.1. *Stressz tünetek az első szárazság idején*

Általánosságban elmondható, hogy a magoncok első lépésként a levelek sztómáinak zárásával reagálnak a vízhiányra, csökkentve a párologtatást. A vízhiány előre haladtával ugyanakkor a vízszállító csövek eltömődése következik be, amely vízszállítási zavarokat, majd az ág, végül a növény halálához vezet (Vivin et al., 1993; Cochard et al., 1996). Az első száraz időszakban a súlyvesztésen túl a növény sztómáinak vezetőképességét is rögzítettem (8. ábra). Jól látható, hogy a levél ellenállása 2014. június 10-e után erős növekedést mutat, ugyanakkor a súlyvesztés nagysága is folyamatosan nő. A stressz időszak vége felé, vizuális megfigyeléseim során azt tapasztaltam, hogy a stressz csoporton belül a növények 23%-a mutatott látható elváltozást, ami a levél szélének pöndörödésében és kókadásában nyilvánult meg.

5.5.2. *A tölgy magoncok növekedése az első száraz időszak után*

Az első szárazság hatása alapján kialakult növény magasságokat a 29. ábrán szemléltetem. Az X tengelyen a származás és azon belül pedig növényszám cserepenkénti értékei határozzák meg a kategóriákat.

Látható, hogy a BOR származású magoncokat nagyobb átlagmagasság jellemezte, és az egyedülálló KLA magoncok fejlődtek kiemelkedő módon. Megvizsgáltam a regeneráció utáni és előtti magasság különbségét. A növény növekedését 1-es értékkel jelöltem; ha nem mutatott növekedést, akkor 0-s értékkel, és a GZLMM (általánosított lineáris kevert modell) alkalmaztam a statisztikai számítás során. A növények számát az 5. táblázatban szemléltettem, a Modell I. eredményét a 8. táblázatban mutatom be.



29. ábra: Magoncok szárazság előtti magassága (x tengely: magoncok származása, y tengely: magoncok magassága (cm)) (Turcsán et al., 2016).

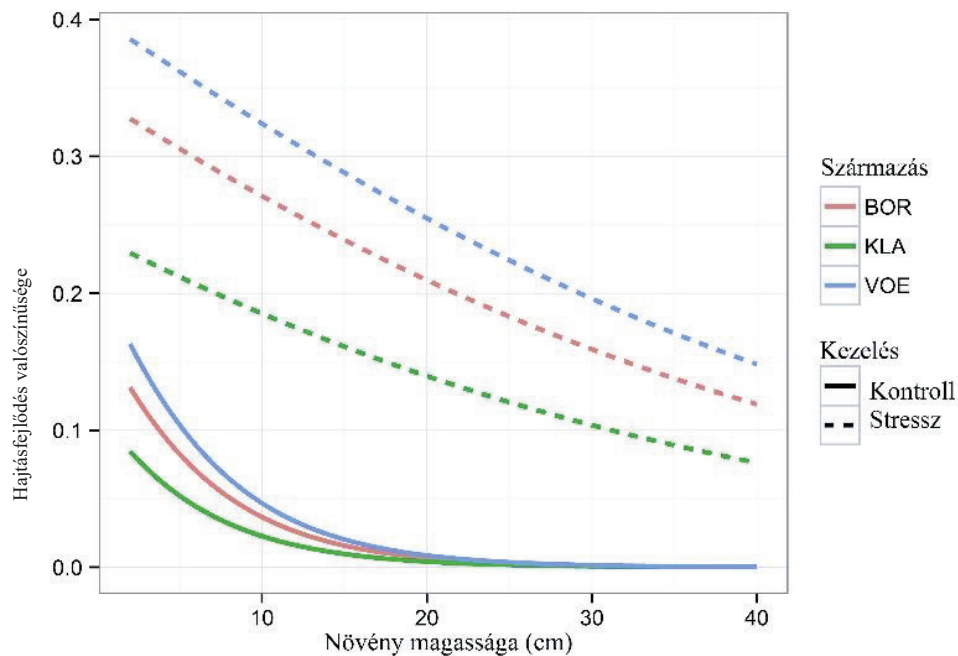
8. táblázat: Modell I és Modell III eredmények összefoglalása, ahol VOE, BOR a származás, M_1 az szárazságot megelőző magasság, S a súlyvesztés, N a növény per cserép változót jelöli

Változók	Modell I.				Modell III.			
	Növekedés				Csúcsrügy fejlődés			
	Becsült érték	Std. hiba	Z érték	P érték	Becsült érték	Std. hiba	Z érték	P érték
VOE	0.7454	0.3274	2.276	0.022*	-0.6030	0.2851	-2.115	0.034*
BOR	0.4917	0.4875	1.009	0.313	0.3338	0.4468	0.747	0.454
M_1	-0.2648	0.0826	-3.207	0.001**	0.9100	0.4675	1.946	0.051
S	-1.0605	1.2530	-0.846	0.397	1.3228	1.0039	1.318	0.187
$M_1:S$	0.3081	0.1239	2.487	0.012 *	-2.5614	0.7644	-3.351	0.000***
N	-2.0866	0.6708	-3.111	0.001**				
$S:N$	3.0438	1.1500	2.647	0.008**				

Signifikancia. kód: *** $P \leq 0.0001$, ** $0.0001 < P \leq 0.01$, * $0.01 < P \leq 0.05$

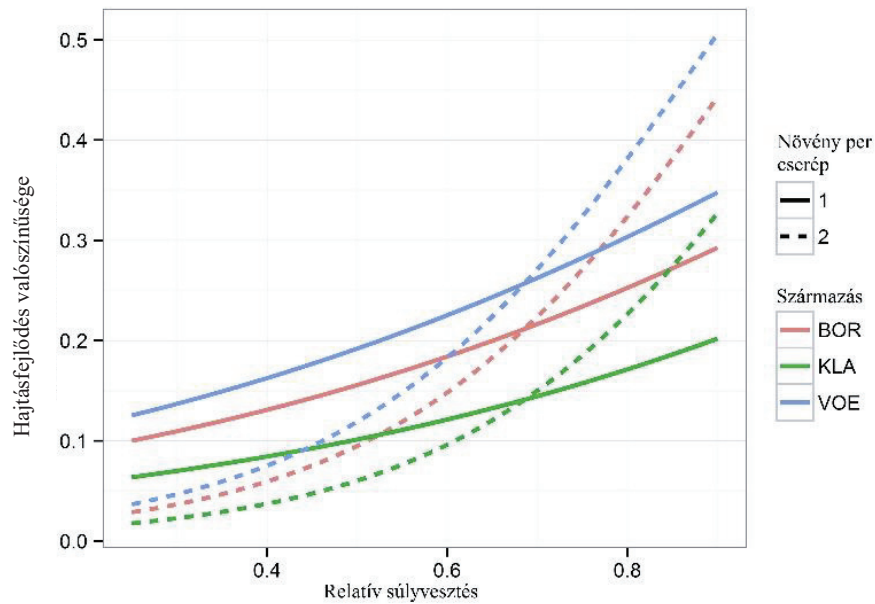
A modell alapján elmondhatjuk, hogy a fejlődésre hatással van az eredet (súlyvesztés kölcsönhatása nélkül). A különböző származású magoncok eltérő fejlődési ütemet mutatnak.

Továbbá az is megállapítható, hogy hatással van rá az egy cserépben fejlődő növények száma, ebben az esetben a súlyvesztés vonatkozásában, tehát szárazság hatására nagyobb valószínűséggel mutattak hajtásnövekedést a kettesével ültetett magoncok.



30. ábra: Modellezett hajtásnövekedés (Turcsán et al., 2016).

A modell által előre jelzett hajtásfejlődés valószínűségét a 30. ábrán mutatom be. Az X tengelyen a növény szárazság alatti magasságát jelöltük. Az Y tengelyen a hajtásfejlődés valószínűségét jelöltem. Azt tapasztaljuk, hogy a kisebb növényeknél mind a kontroll, mind a kezelt csoportban nagyobb a valószínűsége egy esetleges hajtásnövekedésnek; továbbá a magasság növekedésével ez a valószínűség folyamatosan csökken. Származást tekintve a VOE mutat mind a kezelt és a kezeletlen esetben nagyobb hajlandóságot a növekedésre. A legkisebb valószínűséget a KLA magoncok mutatták a vizsgálatom során.



31. ábra: Hajtásfejlődés változás a kezelt csoportnál (Turcsán et al., 2016).

A 31. ábrán a modellezett szárazság hatása látható, az eredet és a cserepenkénti növényszám függvényében. Az X tengelyen a relatív tömegvesztést jelöltem, ami egyben a szárazság erősségét is mutatja. Az Y tengelyen a hajtásfejlődés valószínűsége látható, tehát az ábráról leolvasható, hogy a szárazság erősödésével szinte minden esetben nagyobb valószínűséggel várható hajtásfejlődés a növényeknél, ahol két növény található egy cserepben.

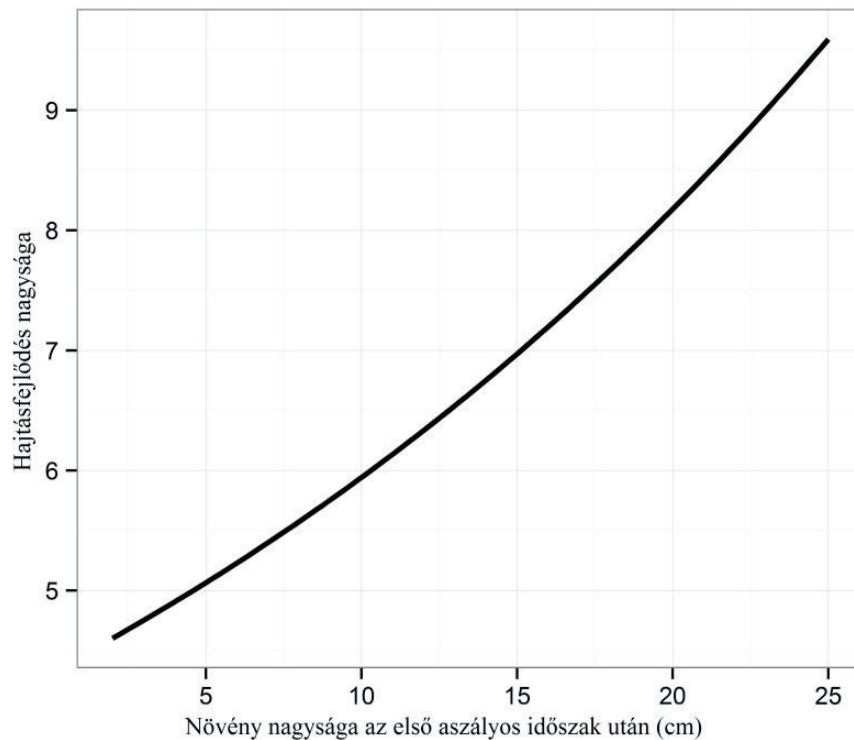
5.5.3. A kocsánytalan tölgy magoncok fejlődésének mértéke

A Modell I-re alapozva kiválasztottam azon növényeket, amelyek növekedést mutattak (ez az 5. táblázatban található). A modell alapján a hajtás mértéke csupán a növény stressz időszak utáni nagyságától függ. A Modell II. eredményeit a 9. táblázatban mutatom be, valamint a 32. ábrán.

9. táblázat: A modell II. értékei ahol M az szárazság előtti magasságot jelöli

	Becsült érték	Std. hiba	DF	T érték	P érték
Kölcsönhatás	1.463	0.1106	110	13.2231	0.000***
M ₁	0.0319	0.0098	110	3.2522	0.001**

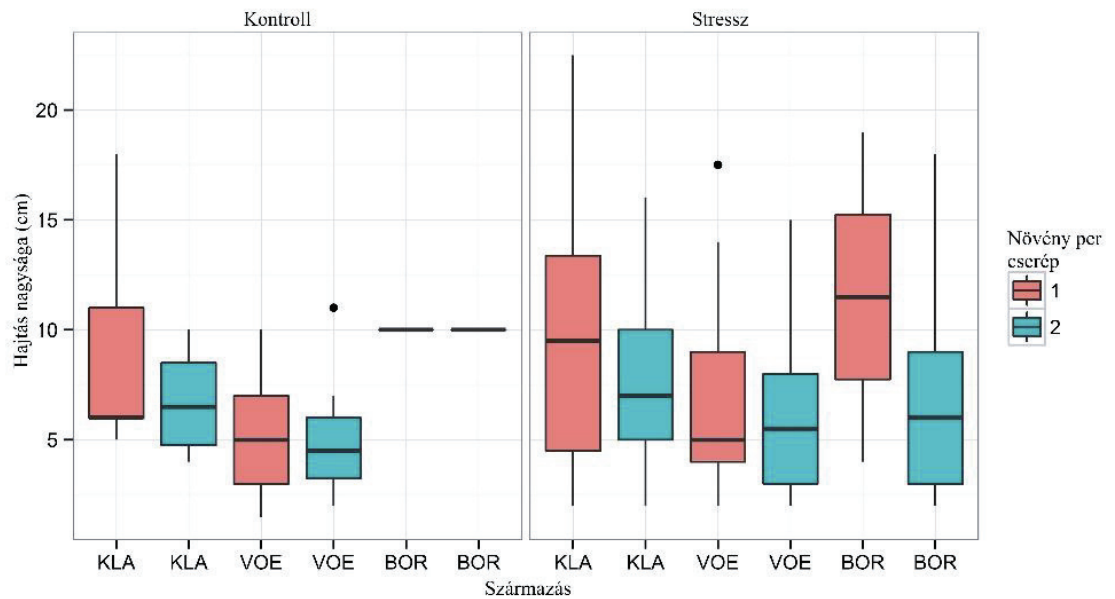
Signifikancia. kód: *** $P \leq 0.0001$, ** $0.0001 < P \leq 0.01$, * $0.01 < P \leq 0.05$



32. ábra: A modellezet hajtás nagysága és a magonc első száraz időszak előtti magasságának összefüggése. (Turcsán et al., 2016).

Látható, hogy a növény szárazság utáni magasságának (X tengely) növekedésével a hajtás várható nagysága (Y tengely) is növekszik. A valóságban mért hajtás mértékeket a 33. ábrán mutatom be.

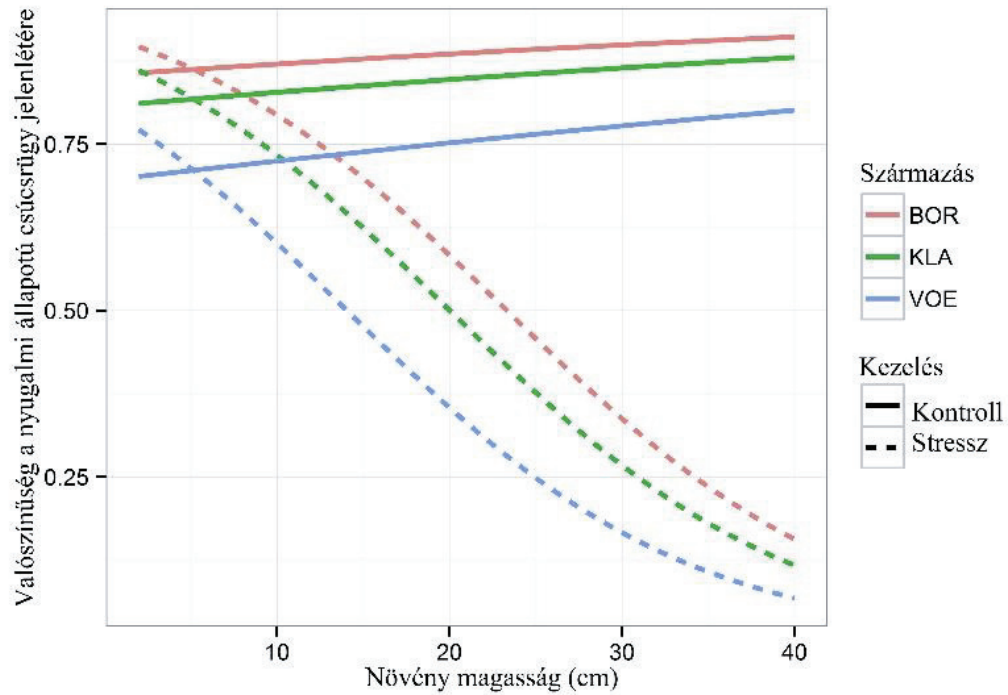
Az tapasztalható, hogy mind a kontroll, mind a stressz csoport növekedést mutatott a két megfigyelés között, ugyanakkor a kontroll csoport növekedése messze elmarad a stressz csoporttól. Ugyan a Modell I alapján az egyedülálló növények kisebb valószínűséggel válaszolnak a szárazságra hajtásnövekedéssel (31. ábra), az 33. ábrán látható, hogy a hajtás nagysága minden esetben az egyedülálló növényeknél a legmagasabb.



33. ábra: A növények növekedése a kísérlet során (Tursán et al., 2016).

5.5.4. A csúcsrügy állapotának jellemzése

Következő vizsgálatomban a kifejlett nyugalmi állapotban lévő csúcsrügy jelenlétét modelleztem a megfigyelt adatok alapján az első szárazságot követő teljes regeneráció után. A modell által kapott statisztikai eredményeket a 7. táblázatban mutattam be, és a 34. ábrán. A statisztikai kiértékelés során elmondhatjuk, hogy a magasabb növényeknél a stressz csoportnál egyértelműen kevesebb nyugalmi állapotú csúcsrügyet figyeltünk meg (8. táblázat). A VOE eredet mind a két csoportnál kevesebb valószínűséggel mutatott jól kifejlett nyugalmi csúcsrügyet, a másik két eredethez képest.



34. ábra: A csúcsrügy jelenlétének modellel becsült valószínűsége, a növény magasságától függően (Turcsán et al., 2016).

5.5.5. A magoncok túlélési esélye az szárazság-stressz után



35. ábra: A nyár végi szárazság hatása a tölgy magoncokon (előtérben a stressz csoport, hátul a kontroll csoport, a fotót készítette: Turcsán Arion)

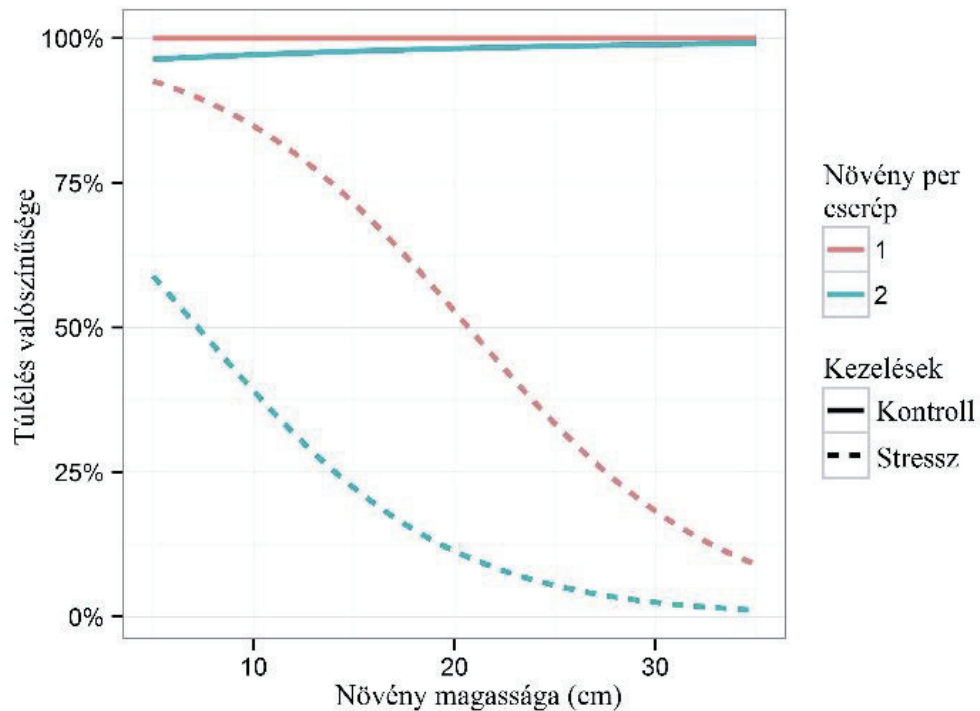
A nyár végi szárazság hatását és a túlélés esélyét modelleztük a megfigyelt adatok alapján. A modell eredményeit a 10. táblázatban és 36. ábrán mutatjuk be, a növények pedig a 35. ábrán láthatóak.

10. táblázat: A Modell IV és Modell V eredményeit mutatja be. S a tömegvesztést jelöli a második száraz időszakban, N a növények száma cserепenként, M₂ a regeneráció utáni magasságot, Ev az évnapot, VOE, BOR pedig a származás változót jelöli. A modellben a KLA származás az összehasonlítás alapja.

Változók	Modell IV.				Modell V.			
	Túlélési esély				Őszi lombhullás			
	Becsült érték	Std. hiba	Z érték	P érték	Becsült érték	Std. hiba	Z érték	P érték
S	-0,72	0,21	-3,42	< 0,001***	0,11	0,016	7,07	< 0,001***
N	-52,3	15,7	-3,34	< 0,001***	1,54	0,80	1,91	0,056
N:S	0,68	0,21	3,26	0,001**	-0,047	0,019	-2,53	0,011*
M ₂	0,15	0,08	1,82	0,068				
kölcsönhatás	56,2	15,7	3,57	< 0,001***				
S:M ₂	0,0042	0,0012	-3,38	< 0,001***				
Ev					-0,30	0,021	-14,1	< 0,001***
VOE					1,98	0,68	2,90	0,004**
BOR					4,35	1,01	4,29	< 0,001***

Signifikancia. kód: *** $P \leq 0.0001$, ** $0.0001 < P \leq 0.01$, * $0.01 < P \leq 0.05$

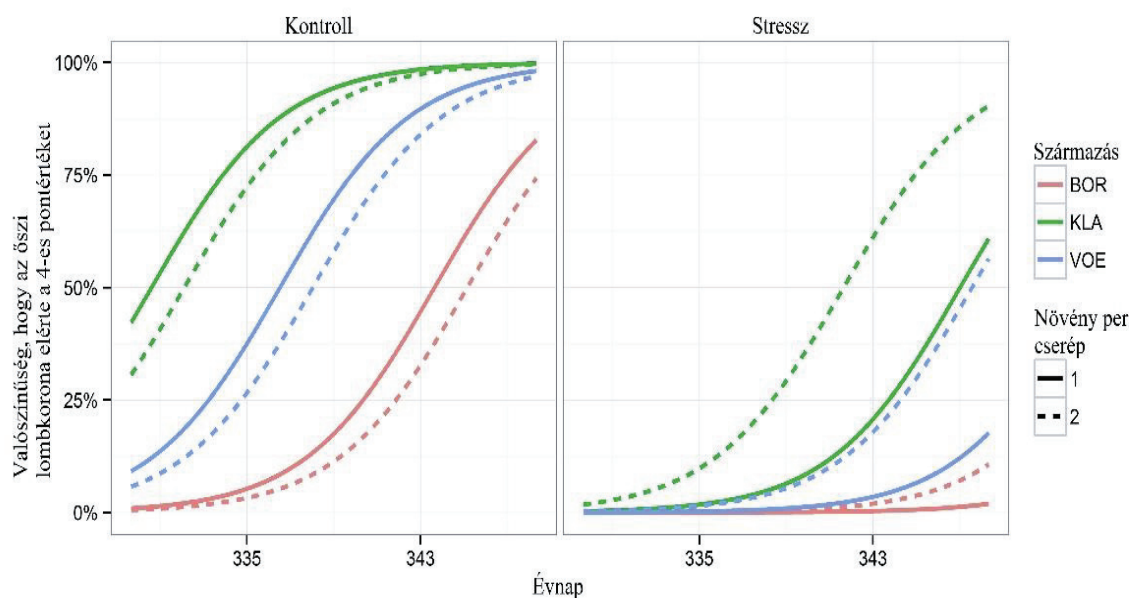
A növények túlélési esélyének jelölésére bináris változót használtam. Az 1-es érték a túlélő növényt, a 0-s az elhalt növényt jelöli. Számításom során GZLMM modellt használtam. A túlélést befolyásoló tényezők a növény magassága és a növény per cserép szám voltak, amelyek szignifikánsan ($P < 0,0001$) függenek a tömegvesztéstől. Tehát párosával ültetett növények és a szárazság előtti magasabb csemeték túlélési esélye alacsonyabb volt. Az eredményeimet a 36-os ábrán szemléltetem. A származás nem játszott szerepet a túlélés során. Látható (36. ábra), hogy a magasabb növények nagyobb eséllyel pusztultak el, illetve azon magoncok, amelyek osztozkodtak egy cserépen. A származás hatása nem volt szignifikáns, ugyanakkor elmondható, hogy a kiindulási növényszámhoz képes a KLA és BOR helyről származó magoncoknál több elpusztult növényt figyeltem meg, mint VOE területről származó magoncoknál.



36. ábra: A növények túlélési esélye (Mijnsbrugge et al., 2016).

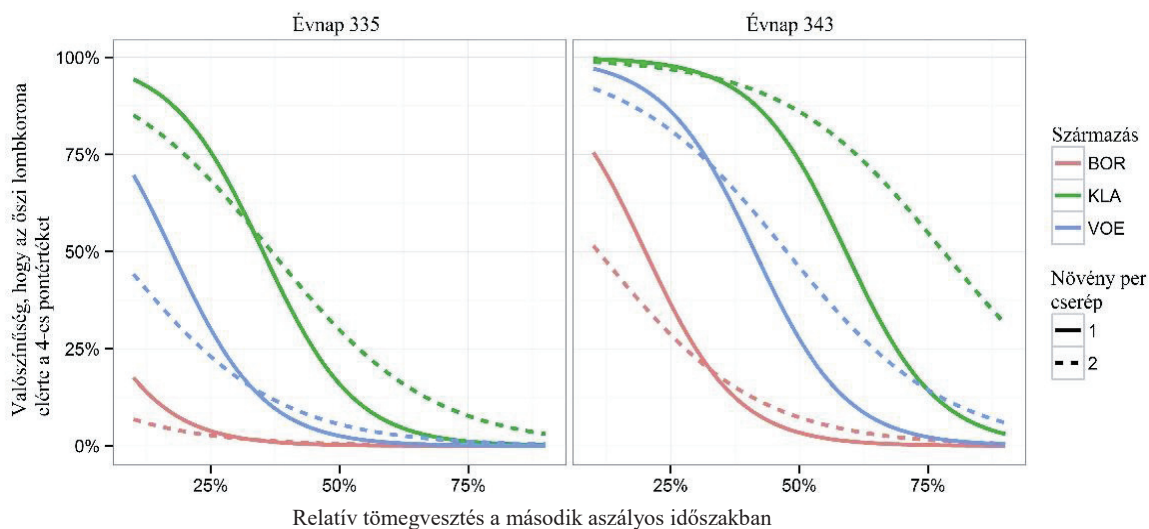
5.5.6. Őszi lombhullás ütemének leírása

Vizsgálatom következő lépése az őszi lomb színeződési ütemének megfigyelése volt a 2014 év végén, használva a 4. táblázatban ismertetett pontrendszert. A statisztikai számítás során kumulatív logisztikus regressziót használtam. A modell eredményét az 8. táblázatban mutatom be. A modell alapján a növények eredete és a növény per cserépszám változó vannak kölcsönhatásban a tömegvesztéssel, valamint az idő múlása (Évnap) volt kimutatható hatással a növény őszi lombszínéződésére. Mind a két vizsgált csoportra elmondható, hogy a KLA eredetű magoncok mutattak először őszi lombszínéződést, majd VOE, és végül a BOR következett (37. ábra). A száraz körülmények között két növény per cserép esetén jelentkezett egy korábbi lombszínéződés az egyedülálló növényekhez képest. Ezzel párhuzamosan megfigyelhető, hogy a stressz csoportnál jól láthatóan későbbi lombszínéződést mutat a modell.



37. ábra: Az idő múlása és lombhullás kapcsolata (Mijnsbrugge et al., 2016)

Az szárazság erősségével egyértelműen kitolódik a lombszíneződés, ez a 38. ábráról olvasható le. Látható, hogy a tömegvesztés (szárazság) erősségével a lombelszíneződés eltolódása várható. A modell alapján elmondható, hogy az egyedülálló növényeknél 18,8 nap későbbi lombelszíneződést tapasztaltunk a szárazságnak kitett növényeknél a kontroll csoporthoz képest. Az eredet tekintetében pedig azt tapasztaljuk, hogy a KLA és VOE között 6,7 nap eltérés mutatkozott, a KLA és BOR pedig 14,7 nap, függetlenül a kezeléstől.



38. ábra: A tömegvesztés és lombhullás kapcsolata (Mijnsbrugge et al., 2016)

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásom során néhány kertészeti és erdészeti növényt tanulmányoztam, többféle módszerrel, és megközelítést használva. Elemeztem egy-egy kultúra érzékenységét az aszályra, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásukra kerestem a választ. Ebben a fejezetben a vizsgált növények tanulmányozása során kapott eredményeket és következtetéseket foglalom össze.

Kutatásom során az alábbi eredményeket értem el:

- A hazai rizstermesztés (*Oriza sativa*) számára kritikus hőmérsékleti értékeket határoztam meg, majd a klímaváltozást előre jelező (RegCM3) modell adatai alapján arra a következtetésre jutottam, hogy összességében kedvezőbb termesztési feltételekkel számolhatunk a jövőben a magyar rizs tekintetében. Megállapítottam, hogy a század végén egy akár két héttel korábbi vetéssel is lehet számolni a megszokotthoz képest, a betakarítás pedig egy hónappal korábban is elvégezhető lesz a jelenlegi használt fajták alkalmazásával.
- Elvégeztem a hungarikumnak számító hazai vöröshagyma (*Allium cepa*) dughagymás technológiájának jövőbeli, klímaváltozással szembeni érzékenységi vizsgálatát. Megállapítottam, hogy a regionális klímamodell (RegCM3) alapján az optimális termesztési feltételek északabbra tolódásával kell a jövőben számítani. Emellett a jövőbeli hő-sztresses napok számának növekedésével is számolni kell.
- A szintén hungarikumnak számító hazai szabadföldi fűszerpaprika (*Capsicum annuum*) termesztés esetén elmondható, hogy a jövőbeli termesztési feltételek optimálisak maradnak, nem haladják meg a kritikus 5 °C feletti értéket ugyanakkor a kedvezőtlen időjárási anomáliák számának növekedésével és termés kieséssel kell számolni kedvezőtlen években. A fűszerpaprika termesztés szempontjából kritikus időszaknak tekinthető a század végén a korai nyári (július 1-15.) modell által előre jelzett magas napi átlaghőmérsékletek.
- Adaptációs fordulópont módszert alkalmaztam az Egri és Kunsági borvidékre. Meghatároztam a helvéciai állomáson évtizedes megfigyelés során feljegyzett szőlő és bor beltartalmi értékek (sav és cukor tartalom) és időjárás (átlaghőmérséklet, csapadék) közötti kapcsolatot, továbbá a RegCM3 modell segítségével a klímaváltozás által jövőben bekövetkező időjárási változások hatását írtam le kiemelt vörös és fehérbor fajtákra. Megállapítottam, hogy a vörösbort adó szőlők szempontjából kedvezőbb termesztési feltételekkel számolhatunk a jövőben. A fehérbort adó fajták szempontjából ugyanakkor a magas hőmérsékletek miatt szükségesnek tartom a

jelenlegi termesztés technológiai eljárások átértékelést. Megállapítottam, hogy a Kunsági borvidéken a fehérbor minősége szempontjából komoly kockázattal kell számolni 2030-as évektől a jelenlegi termesztéstechnológia mellett, az Egri borvidéken ugyanakkor ezek a problémák csak a 2070-es évektől jelentkeznek.

- Tanulmányoztam, és statisztikailag alátámasztottam eredményeimet a hazai erdészet számára fontos tölgycsemeték (*Quercus petraea*) szárazságra adott válaszreakciójáról. Gyenge kora nyári szárazság hajtásnövekedést indukál, ugyanakkor erőteljesebb növekedést mutató magoncok túlélési esélye is alacsonyabb egy késő nyári szárazság után. A szárazság hatására a magoncoknál későbbi lombhullást figyeltem meg, ami hozzájárulhat a klímaváltozás által okozott folyamatok megértéséhez.

A továbbiakban vizsgált növényenként, külön-külön alfejezetben foglalom össze következtetéseimet, majd megfogalmazom további terveimet és javaslataimat.

6.1. Rizs

A két vizsgálati hely Szarvas és Kisújszállás között nem volt mérhető, markáns különbség. Az eredmények alapján viszont bátran állíthatjuk, hogy a betakarítással ellentétben a túl korai vetés (április 20. előtti) kockázatos marad, inkább a késői fagyok gyakoriságával kell számolni és a talaj előkészítés során felmerülő nehézségekkel, ami a megváltozott időjárási feltételekből adódik.

Vizsgálataim alapján az is elmondható, hogy a klímaváltozás hatására az átlaghőmérsékletek növekedésével egyre kedvezőbb termesztési feltételekkel számolhatunk a rizs számára. Megfigyeltük, hogy a bugahányási időszakra a század végére közel három hetes eltolódással, továbbá a betakarítási időszak lerövidülésével közel egy hónapos koraisággal számolhatunk. Így, a hőmérsékleti adatokra támaszkodva elmondható hogy a jövőben egyre stabilabb rizstermesztési feltételekkel kalkulálhatunk. A tenyészidő növekedésével továbbá új, nagyobb termésátlagú fajták nemesítésével és honosításával, a termesztés hatékonysága is növelhető lenne. A hazai rizstermesztés sikere nemcsak a hazai piac előretörését és a reformátkezés elterjedést, de a klímaváltozáshoz való adaptáció lehetőségeit is magában rejti, továbbá a rizstermesztés előretörése a termesztéshez szükséges, már kiépített öntözőcsatorna hálózat revitalizálása és fejlesztése révén a vizes élőhelyek újbóli felszaporodását is jelentheti.

További céljaim között szerepel a rizstermesztés szempontjából káros hőmérsékletekre vonatkozó klimatikus indikátorok megfogalmazása, majd összehasonlító vizsgálatok elvégzése. Klimatikus indikátorok fogalmazhatók meg továbbá a növény kártevőire és kórokozóira vonatkozóan, melyek alapján megfigyelhető lehet a terjedési körülményeik várható változása, így a termesztés kockázatának vizsgálata több szempont szerint végezhető el. Növénynövekedési modellel célunk vizsgálni, hogy korábbi vetésidő hatására komolyabb vetésidős eltolódással számolhatunk-e és ha igen akkor az milyen mértékű lehet.

6.2. Vöröshagyma

Makó térségében található a hazai legnagyobb vöröshagyma-termesztő körzetünk. A területen egy sajátos, dughagymás technológiát fejlesztettek ki és terjedt el, ami a térség klimatikus adottságaihoz alkalmazkodott. Kutatásom során megvizsgáltam, hogy a klímaváltozás hatással lesz-e a termesztéstechnológiára, továbbá ha a klíma eltoldósával számolunk, felmerül a kérdés hogy északabbi térségben, pl. Fertődön is érdemes-e ezt a jól bevált technológiát alkalmazni.

Mindkét térségben lassú melegedés figyelhető meg, és a dughagyma duggatásának egy esetleges korai kitolódása prognosztizálható Makó térségében. A modell alapján a közeljövőben nem várható komoly változás a vetésidő hőmérsékletét nézve, ugyanakkor a távoljövő jóval magasabb átlaghőmérsékletei miatt egy markáns, korábbi időpontra való eltolódása prognosztizálható. Fertőd térségére jellemző, hogy a felmelegedés nem olyan jelentős mértékű, ha feltételezzük, hogy a dughagymás technológiára történő átállás során hasonló körülményekkel számolhatunk a század végén, mint jelenleg Makón.

Ugyanez a tendencia mondható el a hó stresszes napok számának változása alapján is Fertődön. Makón, e napok száma drasztikus növekedést mutat a század végére. A terület további kutatást igényel pontosabb kép kialakítására esetlegesen termelők bevonásával, illetve lehetséges alkalmazkodási lehetőségek kidolgozására.

6.3. Fűszer paprika

Vizsgálatom során két fontos fűszerpaprika termesztő körzetre, Kalocsára és Szegedre fókuszáltam. A használt modell alapján nem találtam komoly eltérést a két körzet között. Elmondható hogy a közeljövőben a termesztési feltételek optimálisak maradnak a fűszerpaprika számára, ugyanakkor a távoljövőben komoly kihívásoknak néz elébe a szabadföldi fűszerpaprika termesztés. A modell során napi átlaghőmérsékleti adatokkal dolgoztam és nem vontam be a sugárzás és csapadék adatokat. Az utóbbi időben gyakran megfigyelhető napégés és komoly probléma, gazdasági károkat okoz a fűszerpaprika termesztésben. A jövőben fontos lenne a modell kibővítése további kockázati tényezőkkel, ami komplexitása során egységesebb képet adna. Jövőbeli fontos lépés a termelőkkel való kapcsolat felvétele. Az interjúk során egységesebb képet lehet kialakítani, ami a modell további bővítésére adhat lehetőséget.

6.4. Szőlőtermesztésre és bor készítésre vonatkozó összegző megállapítások

Az adaptációs „*turning point*” elmélet viszonylag új megközelítés az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatásban és klímakommunikációban, a különböző szereplők között. Kutatásom az első lépések egyikét mutatja be, amelyben a múltban lezajlott és jelenben futó folyamatok összegzésére és értelmezésére összpontosítottam. A klímaváltozás eddig nem látott környezeti feltételeket eredményezhet. A folyamatok megértése révén lehetőség van az időbeli és szakszerű reagálásra.

Interjúalanyaim szerint is a legfontosabb környezeti tényező a hőmérséklet és a csapadék, ezen belül a szokatlanul magas hőmérsékleti értékek, illetve a tavaszi fagykárak játszanak fontos szerepet. A klímaforogatókönyvek átlaghőmérséklet emelkedést az extrém időjárási események számának növekedését jelzik előre. A várható hatások eddig nem tapasztalt körülmények elé állítják mind a termelőket, mind a feldolgozókat. Az aszály kivédésére egy lehetséges megoldás az öntözőrendszer használata, ugyanakkor ez további, gazdasági elemzéseket is igényel. A magas hőmérséklet magas must cukorfokot eredményez, viszont a savakat elégeti a fehérborokban. A sav fontos szerepet tölt be az íz és aroma anyagok megkötésében. Alacsony savtartalom mellett erős, viszont jellegtelen borok keletkeznek, ami rontja a piaci értéküket. A jövőbeli telepítések és beruházások során fontos elemezni az érzékeny fajtákat, és esetleges fajtaváltással felkészülni a melegebb termesztési körülményekre.

Az átlaghőmérséklet emelkedése kedvező hatásokat is eredményezhet. A változás egyik nyertesének a vörösbor tekinthető. Fontos figyelembe venni, hogy Magyarország a szőlőtermesztő területek északi határán helyezkedik el, ami egy esetleges előrejelzett északi eltoldódással pozitív hatást eredményezhet. Ahogy számunkra új kihívásokat hoz a klímaváltozás, más országok termelői is problémákkal szembesülhetnek. Hosszútávon új nemzetközi piacok nyílnak meg a hazai bor számára, amit megfelelő és időbeli felkészülés révén a termelők és feldolgozók a saját hasznukra fordíthatnak. Fontos szem előtt tartanunk a jól bevált módszereket (takarásos művelés), melyek évszázadok alatt alakultak ki és évről évre megóvták a termést a kedvezőtlen időjárási tényezőkkel szemben. Emellett fontos a helyi fajtahasználat újragondolása is. A korábban megszerzett ismereteket, tapasztalatokat mindenképp hasznosítani kell, azaz nagy szükség van az ún. rejtett tudás aktiválására, ezáltal gyorsabban és rugalmasabban tudunk reagálni a piaci igényekre, és a stratégiai tervezés is hatékonyabbá válhat (Rónavári-Kedves és Varga, 2013). A tájfajta hosszú idő alatt alkalmazkodtak és szelektálódtak a helyi körülményekhez. A nagyüzemi mezőgazdaság révén háttérbe szorultak, viszont az új világi fajták sok esetben érzékenyebbek az időjárási tényezőkkel szemben. A jövőbeli kutatás egyik lehetséges iránya a tájfajta használat újragondolása és a szükséges felvevőpiac kialakítása lehet. A termelők nyitottak az újdonságokra, viszont állami vagy EU támogatás nélkül nehezen várható változtatás, fejlesztés, mert kevés önerővel rendelkeznek. A döntéshozók felelőssége időbeli és szakszerű támogatásokkal segíteni a termelőket a jövőbeli kihívásokkal való küzdelemben.

A szőlő must és bor paraméterei és időjárás tekintetében a fehérborok esetében a „Zala gyöngye, Zenit, Nemes Olasz rizling, Olaszrizling B.20.” fajtákra fókuszáltam. Zala gyöngye és Zenit fajták bor és must paramétereit az időjárási tényezők változékonysága kutatásom alapján várhatóan kevésbé befolyásolja. Az Olasz rizlingnél ugyanakkor mind a két vizsgált fajta esetében az átlaghőmérséklet emelkedésével sav csökkenés volt tapasztalható. Az Olasz rizling B.20.

esetében a regressziós görbe pontossága elfogadható volt további elemzésekre. A RegCm3 modell segítségével generált hőmérséklet adatok jól tükrözik a változás lehetséges forgatókönyvét.

A vizsgált fehérborok esetében 2030-as években jelentkeznek komoly must sav értékbeli problémák, ami korai betakarításhoz és minőségbeli problémát okozhat Kunság térségében. Ugyanakkor hasonló helyzet Eger térségében várhatóan csak 2070 környékén jelentkezik.

Nemzetközi kutatások mutattak rá a potenciális szőlőtermesztő területek eltolódására, (Schultz, 2010; Jones, 2005,a; Tonietto, 2004; Jones,2005,b), ugyanezt a hatást az interjúalanyok is megerősítették. Ezt már a 2007-es év is tanúsítja, hiszen ekkor mediterrán jellegű borok születtek. A 2011-es szintén forró év volt kiemelkedően jó minőségű vörösborok jellemezték, például ilyen a „*Cabernet sauvignon*”. Ezzel szemben a vizsgált adatok alapján a *Kékfrankos* kevésbé produkált kiemelkedő évjáratot ebben az évben. Mind a két évben magas hőmérsékleti adatokat rögzítettek és ezek kiemelkedően aszályos évek voltak. Ez a csapadékhány hozzájárult a jó évjáratához egyes szőlőfajtáknál, ugyanakkor hosszú távon káros hatása lehet a szőlőtőkékre.

A várható jövőbeli változó körülmények új kihívások elé állítják a termelőket. Hazai kutatások (Ladanyi et al., 2007; Erdősi, 2011; Szenteleki et al., 2012a) szintén rámutattak az extrém időjárási körülmények felszaporodására a jövőben. Az extrém időjárási körülményeket a termelők is megfigyelték, Eger térségében eddig szokatlan meleg csapadékos időjárásnak köszönhetően komoly gombafertőzés jelentkezett a virágzás folyamán. Ugyanakkor a tenyészidőszak során megnövekedett aszályos időszakok száma felveti az öntözőrendszer használatának lehetőségét. A forró és aszályos évek számának növekedése mind a két borvidéken jellemző. Kunság térségében 2030 környékén éri el a „turning point” értéket, ahol már beavatkozás nélkül komoly veszteséggel kell számolnia a termelőknek. Ugyanez a pont Eger térségében 2080 környékén várható.

A kérdőív válaszai rámutattak a termesztéstechnológiai változásokra Kunsági borvidéken az elmúlt évtizedekben. A változás csökkentette a kézimunkaerő igényt, ugyanakkor érzékenyebb tette a szőlőtökéket az extrém időjárási körülményekkel szemben. Fontos a termesztéstechnológia fejleszthetőségének további kutatása és új módszerek kidolgozása, melyek csökkentik az időjárással szembeni érzékenységet. A vizsgálat során a helyi fajták jobb eredményeket produkáltak a klímaváltozás várható hatásai mellett, megfontolónak tartom a régi fajták átértékelése, és újratelepítésük átgondolását.

Lehetséges alkalmazkodási stratégiák egyike lehet Eger térségében az eddig viszonylag hűvösebb és magasabban fekvő területek művelésbe vonása a jövőben az érzékeny fajták számára. Hasonló eredményre mutat rá Werners a Toscanai borvidéken, tanulmányában (Werners, 2012).

6.5. Erdészeti –kocsánytalan tölgy csemeték- növények

A különféle klímamodellek egyértelműen hosszabb és erősebb aszályos időszakokat prognosztizálnak a jövőre (Choat et al., 2012; Pachauri et al., 2014), kutatásom során a tölgy (*Q. petraea*) csemeték első vegetációs időszakban történő ismételt aszály által kiváltott válaszreakcióit és túlélési esélyeit tanulmányoztam. A kísérletem során három különböző területről származó magoncok túlélési stratégiáit elemeztem. A kísérlet során cserépbe ültetett első éves növényeket a tenyészidőszak során kétszer tettem ki aszályos körülményeknek, öntözés megvonásával. A vizsgálat során a kora tavaszi vízhiányt követő optimális fejlődési körülmények hatására erőteljes fejlődést tapasztaltunk, ami a csúcscrügy nyugalmi állapotának megszűnésével járt. Nem találtunk meghatározó különbséget a különböző származású magoncok túlélési stratégiájában, az ismételt szárazság hatására a magoncoknál az őszi lombhullás kitolódását figyeltük meg.

A növények víz és tápanyagért folytatott versengése kevésbé tanulmányozott területek közé tartozik, mint például a fényért folytatott versengés (Craine and Dybzinski, 2013). A kísérleti elrendezés (két növény per cserép) lehetőséget adott a vízért folytatott versengés tanulmányozására is. Jól láthatóan a vízhiány hatására erősebb növekedést tapasztaltam a párba ültetett magoncoknál (30. ábra). Továbbá a magasabb növényeknél a stressz csoportban fejletlen rügyet dokumentáltam, ami egy aktív növekedésnek a jele. A kora nyári szárazság majd azt követő vízbőség hajtásképződésre ösztönözte a növényeket. A növények egyfajta kompenzációs növekedést produkáltak, ami a várt válaszreakcióhoz képest (szárazság és fejlődés csökkenés) pont ellentétes.

Kísérletem során a magoncok magasságát rögzítettem, és növekedést figyeltem meg. Ez az eredmény ellentétes a sokak által dokumentált növények aszályra adott biomassza csökkenésével (Broadmeadow and Jackson, 2000; Thomas, 2000; Thomas and Gausling, 2000; Arend et al., 2011; Kuster, 2012). Ugyanakkor, eredményeimet alátámasztja a tölgycsemetéknél megfigyelt vízhiány, majd öntözés által kiváltott kompenzációs növekedés (Spieß et al., 2012), amit Douglas fenyő csemetéknél is tapasztaltak (Kaya et al., 1994).

A Douglas fenyőt hasonló ciklikus fejlődési ütem jellemzi, mint a tölgyfélét. Kaya et al. (1994) kísérlete során szintén szárazság által kiváltott extra hajtásnövekedést dokumentáltak Douglas fenyő csemetéknél. A magoncokat két alkalommal, az első év során 4 hetes, a második év során 8 hetes aszálynak tették ki. Reich (1980) leírta a környezetben bekövetkező változásokat, amik a ciklikus fejlődésű növényeknél extra hajtásnövekedést váltanak ki. A kifejlett fák hajtásnövekedése nagyobb energiaigénnyel jár a magoncokéhoz képest, ami magyarázza a csemetéknél megfigyelt nagyobb hajlandóságot újabb hajtás növesztésére a tenyészidőszak során. Emellett, levelek elvesztése esetén is hasonló hajtásserkentő hatást dokumentáltak tölgy

magoncoknál (Borchert, 1975). Annak ellenére, hogy kísérletemben az első gyenge szárazság során a tölgycsemetéknél csupán enyhe levél turgornyomás csökkenést mértem, és a levelek öntözés hatására teljesen regenerálódtak, előfordulhat, hogy a növény számára a bekövetkező változás levél elvesztés helyzetet generál. Az optimális fejlődési körülmények visszatérével, a hajtásképződés erősödése a kontroll csoporthoz képest egyfajta kompenzációs növekedésként írható le (Spieß et al., 2012). Idős tölgyfák aszályos időszak alatt kambium aktivitás csökkenést és ezzel együtt gyenge törzsfajlás mutatnak (Van der Werf et al., 2007), ami a kísérletem során megfigyelt hajtásnövekedéssel ellentétes. Van der Werf (2007) írta le a nyári aszály által kiváltott kambium aktivitás csökkenést idős tölgyfáknál Hollandiában, amely aktivitás a csapadékmennyiség növekedésével a tenyészidőszakon belül sem állt vissza a normális szintre. Az eredmények alátámasztják a különböző fejlődési korban lévő magoncok eltérő válaszreakcióit a környezetben bekövetkező változásokra. A szárazság erősségétől függően kétféle válaszreakciót tudunk elkülöníteni a ciklikus fejlődésű növényeknél. A gyenge szárazság (levél fotoszintézis aktivitása nem csökken, sztomák nyitva maradnak) esetén kevesebb új hajtásképződés az év hátralévő részében (Thomas and Gausling, 2000), illetve erős kora nyári szárazság (levél fotoszintézis aktivitás csökkenés) esetén az általunk megfigyelt hajtásfejlődés ugyanabban a tenyészidőszakban, összecseng Kaya (1994) megfigyeléseivel. Tanulmányozva a hajtás nagyságát a két mérés között nem találtunk eltérést a kontroll és a kezelt csoport növényeinél, ugyanakkor a magasabb növények nagyobb növekedést produkáltak. Elmondható, hogy az szárazságot követő csapadék bősége hajtásfejlődést eredményez, úgy tűnik, azonban nem befolyásolja az esetleges hajtás nagyságát.

A magonc csúcsrügy nyugalmi és aktív szakaszait a csúcsrügyben jelen lévő auxin és cytokinin növényi hormonok aránya befolyásolja a tenyészidőszak során (Cline and Harrington, 2006; Leyser, 2009; Müller and Leyser, 2011; Su et al., 2011; Vanstraelen and Benková, 2012). Feltételezhetjük, hogy az aszály hatására a növényi hormonok aránya változik és a csúcs rügy nyugalmi állapota megszűnik. A kísérletünk során a szárazságot követő 9. héten szignifikánsan kevesebb nyugalmi állapotú csúcsrügyet figyeltünk meg a kezelt magas magoncok esetében a kontroll csoporthoz képest, ami a kezelés hatására bekövetkező erőteljes hajtásfejlődésre utal.

Hajtásfejlődés szempontjából szignifikáns különbséget figyeltünk meg a növények származása között a kezeléstől függetlenül. A KLA eredetű viszonyítva a VOE és BOR növények közül több mutatott hajtásfejlődést a megfigyelésünk idején. Ugyanakkor a tenyészidőszak második felében történő erős hajtásnövekedés hatására rövidebb fásulási időszak áll az új hajtás rendelkezésére a tél beköszönte előtt, ami növeli a korai fagykár esélyét. A VOE származású magoncok szignifikánsan kevesebb nyugalmi állapotú csúcsrügyet mutattak a KLA eredetű növényekhez képest, ami szintén növeli a magonc kora téli fagyérzékenységét (Svejgaard

Jensen and Douglas Deans, 2004). A KLA valószínűsíthetően egy endemikus populáció. A kevesebb hajtás fejlődése a nyári időszakban, mind száraz, mind optimális vízellátási viszonyok között, és a csúcsrügy korai nyugalmi állapotának elérése mellett, növeli a magoncok fagy tűrőképességét, ami esetlegesen növelheti a csemeték ellenálló képességét a klímaváltozás okozta időjárási anomáliákkal szemben. Ugyanakkor a második nyár végi száraz időszak során a magoncok túlélési esélye független volt a növények eredetétől. Elmondható, hogy ugyan a KLA magoncok homokos gyenge vízellátású területéről származnak, ellenben nem mutatnak nagyobb ellenálló képességet egy erős szárazság esetén. KLA és BOR területéről eredeztethető növényeknél nagyobb halandóságot rögzítettünk a VOE magoncaihoz képest. Ez a megfigyelés összefüggésben lehet a növények nagyságával, hiszen a VOE eredetű növények voltak a legkisebbek, ugyanakkor a modell alapján az alacsony növény nagyobb túlélési eséllyel néz elébe egy aszályos időszaknak. A kísérlet során a BOR eredetű magoncok voltak a legmagasabbak, ugyanakkor az átlagmagasságban a KLA hasonló értékeket mutatott, viszont a populáció magasság adatainak szórása sokkal magasabb volt a többi eredethez képest. KLA populáción belüli a nagy magasságkülönbségek növelték a populáción belüli elhalt növények számát (nagyobb növény nagyobb eséllyel pusztul el).

A KLA egy endemikus populáció (Vander Mijnsbrugge et al., 2005), amit cpDNA vizsgálat is bizonyít (Vander Mijnsbrugge et al., 2003b). KLA magoncok anyafái egy régi hangás társulás homokdűnéin állnak. A terület adottságaiból adódóan mindig is érdektelennek számított mind mezőgazdasági mind erdészeti célra. Ennek köszönhetően az eredeti faállomány tudott fennmaradni. Az INBO (Research Institute for Nature and Forest) által fenntartott fajtagyűjteményben is megfigyelték a KLA eredetű tölgyek kései lombfakadását és korai lombhullását más európai, főként német tölgyekkel szemben (Vander Mijnsbrugge, 2015). A késő fakadás egy adaptációs lépés jele, ami a növényeknek az óceáni klímához történő alkalmazkodását jelenti. A belgiumi klímát tipikusan nehezen előre jelezhető, az óceán által befolyásolt hol hideg hol melegebb légköri tényezők befolyásolják (Demarée et al., 2002). A VOE és BOR későbbi őszi lombszíneződést mutat, ami egybeesik a németországi eredetű fajták kései lombszíneződésével. VOE és BOR területe viszonylag sűrűn lakott, az elmúlt évszázadokban ismételt erdőirtás és újratelepítések történtek a térségben (Vandekerckhove et al., 2011), jelenleg a területen elszórta sok kisebb erdőséget találunk telepített faállománnyal. Az utolsó nagy telepítési hullám a második világháború után következett be főként német eredetű tölgycsemeték használatával. A kísérlet eredményei fontosak a helyi eredetű növények alkalmazkodási képességeinek felmérésében a jövőbeli klímaváltozásra való felkészülés során. A VOE és BOR eredetű növények kisebb standard szórása a populáció genetikai szegénységére is utalhat a KLA endemikus populációval szemben. A VOE adatainak kis szórása összekapcsolható Vranckx (2014)

eredményeivel. Molekuláris genetikai elemzésre támaszkodva megállapították, hogy az idős tölgyfák közötti közeli rokonság csökkenti az erdő genetikai változékonyságát (Vranckx et al., 2012), továbbá megerősítik a belgiumi erdőterületek telepítéséről alkotott elméletet, miszerint német eredetű magoncokat használtak a második világháború után (Vranckx et al., 2014).

Az eddigi kutatások az aszály által kiváltott korai levélszíneződést írtak le tölgy magoncoknál (Jensen and Hansen, 2010; Spieß et al., 2012; Kuster et al., 2014). Kísérletem során viszont a lombszíneződés őszi eltolódását tapasztaltuk. A kutatásom során tapasztalt eltérő eredmények oka valószínűsíthetően az aszály utáni bőséges vízellátásnak köszönhető. Az aszályos körülmények között a növények fejlődése leáll, lelassul, majd optimális fejlődési körülmények visszatéréseivel egyfajta kompenzációs növekedés és a fotoszintézis aktivitásának tenyészidőszak végi meghosszabbodása (kései lombszíneződés) figyelhető meg. A növények közötti vízért történő kompetíciós hatás (két növény per cserép) erősítette az általam megfigyelt válaszreakciót. Elmondható, hogy természetes körülmények között, ahol versengés áll fenn a tápanyagokért, ott a szomszédos fás vagy lágyszárú növényekkel szemben egyfajta túlélési stratégiaként kitolt őszi lombhullás figyelhető meg. Az őszi lombhullás eltolódásával a késői tavaszi lombfakadás is előre jelezhető (Fu et al., 2014).

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A globális klímaváltozás már napjainkban is érezhető hatását: a 2016-os év során rögzítették az egyik legmagasabb átlagos havi hőmérsékleteket a mérések kezdete óta. Földünk átlaghőmérséklete folyamatosan változott az elmúlt évezredek során, ugyanakkor a változás sebessége messze meghaladja az eddigi átlaghőmérséklet emelkedéseket, vagy csökkenéseket. A környezeti tényezők gyors változása komoly kihívást jelent a kertészeti, erdészeti és szántóföldi növények szempontjából.

Kutatásom során kertészeti (vöröshagyma, fűszerpaprika, borszőlő), szántóföldi (rizs) és erdészeti (kocsánytalan tölgy) növényeket tanulmányoztam különféle módszerekkel, és megközelítést használva. Elemeztem egy-egy kultúra érzékenységét az aszályra, illetve az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásukra. A rizstermesztés szempontjából megállapítható, hogy hazánkban a klímaváltozás várhatóan kedvezőbb termesztési körülményeket eredményez a jövőben. A vöröshagyma termesztés szempontjából ugyanakkor a dughagymás technológia optimális termesztési feltételei északabbra tolódnak. A szabadföldi fűszerpaprika szempontjából elmondható, hogy a termesztési feltételek optimálisak maradnak, ugyanakkor komoly termés kieséssel kell számolni a kedvezőtlen években. Kutatásom során az adaptációs fordulópont módszert alkalmaztam az Egri és Kunsági borvidékekre. Elmondható, hogy a vörösborok számára a klímaváltozás pozitív hatással jár, ugyanakkor a fehérborok esetében az átlaghőmérséklet növekedése komoly minőségi visszaesést eredményezhet a jelenlegi termesztéstechnológia megtartása esetén. A klímaváltozás negatív hatása a jövőben különösen a Kunsági borvidéken válik érezhetővé. A klímaforgatókönyvek az aszályos időszakok növekedését jelzik előre hazánkban. Az erdeink regenerációja szempontjából a csemeték aszályra adott válaszügyének megértése kulcsfontosságú. Kutatásom során azt tapasztaltam, hogy egy kora nyári szárazság hajtásnövekedést eredményez a magoncoknál. Ugyanakkor az erős fejlődést mutató magoncok érzékenyebbek egy nyár végi aszályal szemben. Továbbá az aszály hatására eltolódó lombhullást dokumentáltam.

Elmondható, hogy a klímaváltozás hatása összességében kedvező termesztési feltételeket eredményez a vizsgált kertészeti és szántóföldi növények szempontjából, ugyanakkor extrém időjárási körülmények miatt bizonyos években termés kiesésre kell számítani a jövőben. Tölgy magoncok szempontjából elmondható, hogy a jövőbeli aszályos időszakok csökkentik a magoncok túlélési esélyeit.

8. SUMMARY

Nowadays, the climate change is already noticeable, for example, in 2016, the highest average monthly temperatures were documented. The average global temperature is increasing continuously. Even more worryingly, the speed of this increase is far higher compared to the documented temperature changes in the past centuries. The fast changes of the environmental factors challenges plants from horticulture, forestry and agriculture.

During my research I focused on horticultural (bulb, red pepper, grapevine) and agricultural plants (rice) as well as forest trees (sessile oak) with different approaches and methods. I analysed the sensitivity of different plant cultures to climate change and drought.

My results work show, that the potential of Hungarian rice production will increase in the future due to climate change. Regarding bulb production, my results reveal a northwards shift of the optimal growing area of the two years technology. Although, the growing conditions for red pepper produced outdoors will remain within the optimal range, farmers have to expect production losses due to climate change towards the end of the century. I successfully applied the turning point method on two Hungarian wine regions (Eger and Kunság). My research reveals a positive effect of climate change on Hungarian red wine production. At the same time, white wine producers will face difficulties in the future, if they do not change current technologies. The negative effect of climate change is stronger in the Kunság wine region compared to the Eger wine region.

Several climate scenarios show drought increases in Hungary in the future. Therefore, understanding the effect of drought events on seedlings of forest trees is necessary. I documented an extra growth induced by early summer drought for oak seedlings. At the same time, the sensitivity of the seedlings is increased due the extra growth.

The climate change will have a positive effect on average level for the studied agriculture and horticulture plants, however due extreme climate events production losses are occurring in the future. Furthermore, the number of long drought events will increase in the future, which will lead an increase climate sensitivity of oak seedlings. At the same time, the surviving rate due to repeated drought events within the same vegetation period is reducing.

9. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom mindazoknak, akik a dolgozatom elkészítését megelőző kutatómunkám során segítségemre voltak, akiktől szakmai segítséget kaptam, akik erkölcsileg támogattak.

Elsősorban szeretnék köszönetet mondani **Dr. Szabóné Dr. Erdélyi Éva** témavezetőmnek, aki a doktori jelentkezés során már szárnyai alá vett és folyamatosan támogattott, biztatott a kutatásaim során. Szeretném megköszönni, hogy segített az eredményeim publikálása során és a dolgozatom véglegesítésében.

Szeretnék köszönetet mondani szakmai konzulensemnek, **Dr. ir. Kristine Vander Mijnsbrugge**-nek, aki lehetővé tette, hogy bekapcsolódjak az intézetükben folytatott kísérletekbe, illetve szakmailag és emberileg biztatott és támogatott tudományos tevékenységem során, továbbá nagy segítséget adott a kutatásaim jövőbeli folytatásához.

Külön szeretnék köszönetet mondani **Simonné dr. Kiss Ibolyának** és **Dr. Tomcsányi Pálnak**, akik elsőként ösztönöztek tudományos munkám elindítására.

Köszönettel tartozom **Dr. Saskia Wernersnek** és **Dr. Petz Katalinnak**, akik hollandiai tartózkodásom alatt biztattak és lelkesítettek kutatómunkám elvégzésében.

Hálás vagyok **Dr. Ladányi Mártának** és a tanszék munkatársainak, akik biztattak és lelkesítettek a munkám során. Továbbá lehetővé tették, hogy a kutatásom nagy részét külföldi kutatóintézetekben folytathattam.

Szeretném megköszönni a segítséget **Dr. ir. Kathy Steppe**-nek, hogy az ERASMUS program után szárnyai alá vett és segített a kutatásom folytatásához szükséges anyagi támogatások megpályázásához és a pályázat megnyeréséhez.

Köszönöm **Dr. Marijke Steenackers**-nek, aki az INBO által anyagilag támogatta a cikkeim publikálását.

Köszönöm a családomnak, barátaimnak, akik munkám során mindvégig mellettem álltak és támogattak, nélkülük nem valósulhattak volna meg a doktori kutatásaim.

10.FELHASZNÁLT IRODALOM

i

- [1] Agrawala, S. (1998). Context and early origins of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climatic Change* 39, 605-620.
- [2] Anwar, M.R., Li Liu, D., Macadam, I., Kelly, G. (2013). Adapting agriculture to climate change: a review. *Theoretical and applied climatology* 113, 225-245.
- [3] Arend, M., Kuster, T., Günthardt-Goerg, M.S., Dobbertin, M. (2011). Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur*, *Q. petraea* and *Q. pubescens*). *Tree Physiology* 31, 287-297.
- [4] Bajmócy, P. (1996). A makói kistrégió népességtérképe. *Tér és Társadalom* 10, 103–110.
- [5] Balázs, S. (1994). Zöldségtermesztők kézikönyve. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*.
- [6] Barigah, T.S., Charrier, O., Douris, M., Bonhomme, M., Herbette, S., Améglio, T., Fichot, R., Brignolas, F., Cochard, H. (2013). Water stress-induced xylem hydraulic failure is a causal factor of tree mortality in beech and poplar. *Annals of botany*, mct204.
- [7] Bartholy, J. (2006). "Probable climatic consequences of global climate change in Hungary", *Agro 21 Füzetek* p 48.
- [8] Bartholy, J., Barcza, Z., Matyasovszky, I., Mészáros, R., and Pongrácz, R. (2011). Regionális modellbecslésekkel előállított éghajlatváltozási forgatókönyvek a Kárpát-medence térségére= Climate change scenario for the Carpathian Basin using regional model outputs. *OTKA Kutatási Jelentések| OTKA Research Reports*. p. 14
- [9] Bartholy, J., Pongrácz, R., Práger, T., Pieczka, I., Torma, C., Kelemen, F.D. (2012). Regionális klímamodellek adaptációja, parametrizációs kísérletei a Kárpát-medence térségére. *Légekör* 57, p. 150-152.
- [10] Bates, D., Machler, M., Bolker, B.M., Walker, S.C. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67, 1-48.
- [11] Beck, E.-G. (2008). 50 years of continuous measurement of CO₂ on Mauna Loa. *Energy & environment* 19, p. 1017-1028.
- [12] Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, C.A., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B. (2007). Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81, p. 71-95.

- [13] Bernstein, L., Bosch, P., Canziani, O., Chen, Z., Christ, R., Davidson, O. (2007). "Climate change 2007: synthesis report. Summary for policymakers," in *Climate change 2007: synthesis report. Summary for policymakers*. (IPCC).
- [14] Bertram, G. (1992). Tradeable emission permits and the control of greenhouse gases. *The Journal of Development Studies* 28, p. 423-446.
- [15] Bokasai, D., Erdélyi, É. (2007). The effects of climate change on the phenological phases of corn. *Summer University on IT in Agriculture and rural Development, Debrecen, CD-ROM*, p. 79-82.
- [16] Bokasai, D., Erdélyi, É. (2009). "Importance and possibilities of maize production of Hungary in the future", in: *Environmental, Health And Humanity Issues In The Down Danubian Region: Multidisciplinary Approaches..* (ed.) M. Mihailović. (Singapore: Singapore: World Scientific).
- [17] Borchert, R. (1975). Endogenous shoot growth rhythms and indeterminate shoot growth in oak. *Physiologia plantarum* 35, p. 152-157.
- [18] Botost, G., Füstös, Z. (1987). *Hagymafélék termesztése*. Mezőgazda kiadó.
- [19] Bréda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer, E. (2006). Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science* 63, p. 625-644.
- [20] Broadmeadow, M.S., Jackson, S. (2000). Growth responses of *Quercus petraea*, *Fraxinus excelsior* and *Pinus sylvestris* to elevated carbon dioxide, ozone and water supply. *New Phytologist* 146, p. 437-451.
- [21] Bruschi, P. (2010). Geographical variation in morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. as related to drought stress. *Plant Biosystems* 144, p. 298-307.
- [22] Buzás, N. (2011). Klaszterek: kialakulásuk, szerveződésük és lehetséges megjelenésük a Dél-Alföldön. *Tér és Társadalom* 14, p. 109–123.
- [23] Carter, N., Jacobs, M. (2014). Explaining radical policy change: the case of climate change and energy policy under the British labour government 2006–10. *Public Administration* 92, p. 125-141.
- [24] Carvalho, A., Burgess, J. (2005). Cultural circuits of climate change in UK broadsheet newspapers, 1985–2003. *Risk analysis* 25, p.1457-1469.

- [25] Caterina, M.J., Julius, D. (2001). The vanilloid receptor: a molecular gateway to the pain pathway. *Annual review of neuroscience* 24, p. 487-517.
- [26] Chaudhary, T., Ghildyal, B. (1970). Influence of submerged soil temperature regimes on growth, yield, and nutrient composition of rice plant. *Agronomy Journal* 62, p. 281-285.
- [27] Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T.J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., Bucci, S.J., Feild, T.S., Gleason, S.M., Hacke, U.G. (2012). Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature* 491, p. 752-755.
- [28] Christensen, J.H., Carter, T.R., Rummukainen, M., Amanatidis, G. (2007). Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. *Climatic Change* 81, p. 1-6.
- [29] Christensen, R.H.B. (2013). Ordinal: regression models for ordinal data. R package version 2013.10-31. <http://www.cran.r-project.org/package=ordinal/>.
- [30] Cléménçon, R. (2008). The Bali road map A first step on the difficult journey to a post-Kyoto protocol agreement. *The Journal of Environment & Development* 17, p. 70-94.
- [31] Cline, M.G., Harrington, C.A. (2006). Apical dominance and apical control in multiple flushing of temperate woody species. *Canadian journal of forest research* 37, p. 74-83.
- [32] Cochard, H., Bréda, N., Granier, A. (Year). "Whole tree hydraulic conductance and water loss regulation in Quercus during drought: evidence for stomatal control of embolism?", in: *Annales des Sciences Forestières*: (EDP Sciences), p. 197-206.
- [33] Commission, E. (2014). Eurostat Database.
- [34] Craine, J.M., Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology* 27, p. 833-840.
- [35] Czajkowski, T., Kuhling, M., Bolte, A. (2005). Impact of the 2003 summer drought on growth of beech sapling natural regeneration (*Fagus sylvatica* L.) in north-eastern Central Europe. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung* 176, p. 133-143.
- [36] Demarée, G., Lachaert, P.-J., Verhoeve, T., Thoen, E. (2002). The long-term daily Central Belgium Temperature (CBT) series (1767–1998) and early instrumental meteorological observations in Belgium. *Springer*.
- [37] Dimitrov, R.S. (2010). Inside UN climate change negotiations: The Copenhagen conference. *Review of policy research* 27, p. 795-821.

- [38] Dittmar, C., Zech, W., Elling, W. (2003). Growth variations of common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe—a dendroecological study. *Forest Ecology and Management* 173, p. 63-78.
- [39] E.D.O (EDO) (2015). "Drought News August 2015".
- [40] Enyedi, G. (1965). A mezogazdaság földrajzi típusai Magyarországon (Geographical types of agriculture in Hungary). *Budapest, Akadémiai Kiadó*.
- [41] Erdélyi, É. (2008). Climate change and winter wheat: possible impacts and responses. Doktori disszertáció, *Corvinus University of Budapest*.
- [42] Erdélyi, É., and Ladányi, M. (2005). "A kukoricatermesztés kockázatának vizsgálata egy új sztochasztikus hatásossági módszerrel (The increase of risk in maize production detected by a new stochastic efficiency method)", in: *Agrárinformatika 2005 Konferencia*. (ed.) H. Miklós. (Debrecen: Magyar Agrárinformatikai Szövetség).
- [43] Erdélyi, É., Ferenczy, A., Boksai, D. (2008). "A klímaváltozás várható hatása a kukorica és a búza fenofázisainak alakulására," *Klíma 21 Füzetek* (53), p. 115-130.
- [44] Erdősi, F. (2011). A klímavédelem eddigi mérlege és kilátásai. *Tér és Társadalom* 24, p. 1–14.
- [45] Esteves, M.A., Manso Orgaz, M. (2001). The influence of climatic variability on the quality of wine. *International Journal of Biometeorology* 45, p. 13-21.
- [46] Ewing, J.J., Kuntjoro, I.A. (2011). Southeast Asia and the Outcomes of the COP16. *NTS Policy Brief*.
- [47] Farquhar, G.D., Sharkey, T.D. (1982). Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual review of plant physiology* 33, p. 317-345.
- [48] Fejér, L. (1998). "Az öntözés fejlődése Magyarországon 1914-ig. ", in: *Előadás az öntözési törvény megszületésének 60. Évfordulóján. Tartott Emlékülésen*. (Gyula).
- [49] Fonti, P., Heller, O., Cherubini, P., Rigling, A., Arend, M. (2013). Wood anatomical responses of oak saplings exposed to air warming and soil drought. *Plant Biology* 15, p. 210-219.
- [50] Fu, Y.S.H., Campioli, M., Vitasse, Y., De Boeck, H.J., Van den Berge, J., AbdElgawad, H., Asard, H., Piao, S.L., Deckmyn, G., Janssens, I.A. (2014). Variation in leaf flushing date influences autumnal senescence and next year's flushing date in two temperate tree species.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 111, 7355-7360. doi: 10.1073/pnas.1321727111.

- [51] Gaál, M., Mézes, Z., Szabó, Z., Szenteleki, K. (2011). Evaluation of the expected climatic conditions regarding cherry production in central Hungary. *Applied Ecology And Environmental Research* 9, p. 265-277.
- [52] Gaál, M., Moriondo, M., Bindi, M. (2012). Modelling the impact of climate change on the Hungarian wine regions using random forest. *Appl. Ecol. Environ. Res* 10, p. 121-140.
- [53] Gallé, A., Haldimann, P., Feller, U. (2007). Photosynthetic performance and water relations in young pubescent oak (*Quercus pubescens*) trees during drought stress and recovery. *New Phytologist* 174, p. 799-810.
- [54] Gálos, B., Mátyás, C., Jacob, D. (2012). Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérsékelésében. *Erdészettudományi Közlemények* 2, p. 35-45.
- [55] Geßler, A., Keitel, C., Kreuzwieser, J., Matyssek, R., Seiler, W., Rennenberg, H. (2007). Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. *Trees* 21, p. 1-11.
- [56] Gillis, J. (2013). Climate panel cites near certainty on warming. *The New York Times* 19.
- [57] Grubb, M., Vrolijk, C., Brack, D. (1999). The Kyoto Protocol. A guide and assessment.
- [58] Haas, P.M. (2002). UN conferences and constructivist governance of the environment. *Global governance* 8, p. 73-91.
- [59] Hamilton, J.D. (2011). "Historical oil shocks". *National Bureau of Economic Research*.
- [60] Harmer, R. (1990). Relation of shoot growth phases in seedling oak to development of the tap root, lateral roots and fine root tips. *New phytologist* 115, p. 23-27.
- [61] Harris, D.C. (2010). Charles David Keeling and the Story of Atmospheric CO₂ Measurements†. *Analytical chemistry* 82, p. 7865-7870.
- [62] Hegyközség, E. (2013). "Egri borvidék". <http://www.egriborvidek>.
- [63] Held, I.M. (2004). Phillip's two-layer quasi-geostrophic model: its historical significance and continuing importance.
- [64] Hlaszny, E. (2013). A szőlő (*vitis vinifera* l.) korai fenológiai válaszadásának modellezése a kunsági borvidéken növényfelvételezések, időjárási megfigyelések és regionális klímamodell alapján = Early phenological responses of grapevine (*vitis vinifera* l.) in Kunság wine-growing

- area based on plant surveys, weather observations and regional climate model. Doktori disszertáció, *Budapesti Corvinus Egyetem*.
- [65] Horváth, G. (2009). History of the standard of the Hungarian pepper. *Élelméleti Ipar* 63, p. 121-123.
- [66] Houghton, J. (2001). The science of global warming. *Interdisciplinary Science Reviews* 26, p. 247-257.
- [67] Houghton, J.T. (1996). Climate change 1995: The science of climate change: contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.
- [68] Houghton, J.T., Callander, B.A. (1992). Climate change 1992. *Cambridge University Press*.
- [69] House, W., SHEET, F. (2014). "US-China joint announcement on climate change and clean energy cooperation".
- [70] Hufnagel, L., Ladányi, M. (2006). The effect of climate change on the population of sycamore lace bug (*Corythuca ciliata*, Say) based on a simulation model with phenological response. *Applied Ecology and Environmental Research* 4, p. 85-112.
- [71] Hulme, M., Mahoney, M. (2010). Climate change: What do we know about the IPCC? *Progress in Physical Geography*.
- [72] Huntington, H.P. (2012). Towards a tipping point in responding to change: rising costs, fewer options for Arctic and global societies. *Ambio* 41, p. 66-74.
- [73] Ihrig, D., Károlyi, Z., Károlyi, Z., Vázsonyi, Á. (1973). A magyar vízszabályozás története. *Országos Vízügyi Hivatal*, Budapest. p. 398
- [74] IPCC, A. (2007). "Intergovernmental panel on climate change". IPCC Secretariat Geneva).
- [75] Ipsits, C. (1993). Esőztető öntözéssel termesztett rizs agronómiai és morfológiai sajátosságainak vizsgálata. *Kandidátusi értekezés*. Budapest, 118 p.
- [76] Jancsó M., Gyalog G., Izsó L., Nagy G., Váradi L., Rónyai A., 2009. Halivadék nevelés organikus rizstermesztési rendszerben. *Halászatfejlesztés* 32. *HAKI*, Szarvas, pp. 115-123 (ISBN 978-963-7120-30-5)
- [77] Jensen, J.S., Hansen, J.K. (2010). Genetic variation in responses to different soil water treatments in *Quercus robur* L. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25, p. 400-411.

- [78] Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R., Storchmann, K. (2005 a). Climate Change and Global Wine Quality. *Climatic Change* 73, p. 319-343. doi: 10.1007/s10584-005-4704-2.
- [79] Jones, G.V.D., E.; Tomasi, D.; Yuste, J.; Braslavská, O.; Schultz, H.; Martinez, C.; Boso, S.; Langellier, F.; Perruchot, C.; Guimberteau, G. (2005b). Changes in European winegrape phenology and relationships with climate. *XIV International GESCO Viticulture Congress, Geisenheim, Germany*, p. 54-61.
- [80] Kabir, H., Leklem, J., Miller, L.T. (1983). Measurement of glycosylated vitamin B6 in foods. *Journal of Food Science* 48, p. 1422-1425.
- [81] Kaufman, Y.J., Herring, D.D., Ranson, K.J., Collatz, G.J. (1998). Earth Observing System AM1 mission to earth. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on* 36, p. 1045-1055.
- [82] Kawabata, F., Inoue, N., Yazawa, S., Kawada, T., Inoue, K., and Fushiki, T. (2006). Effects of CH-19 sweet, a non-pungent cultivar of red pepper, in decreasing the body weight and suppressing body fat accumulation by sympathetic nerve activation in humans. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 70, p.2824.
- [83] Kaya, Z., Adams, W.T., Campbell, R.K. (1994). Adaptive significance of intermittent shoot growth in Douglas-fir seedlings. *Tree physiology* 14, p. 1277-1289.
- [84] Keskitalo, J., Bergquist, G., Gardeström, P., Jansson, S. (2005). A cellular timetable of autumn senescence. *Plant Physiology* 139, p. 1635-1648.
- [85] Knoema (2016). "Resources Statistics - Land". <http://knoema.com/FAORSL2014Aug/resource-statistics-land-may-2015>).
- [86] Kondor, T. (2012). "Kalocsa belvárosának fejlesztése", *Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVII*. Kolozsvár.
- [87] Kriegler, e.a. (2009). Imprecise probability assessment of tipping points in the climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, p. 5041-5046.
- [88] KSH (2016). *Nemzetgazdasági ágak üvegházhatású gáz-kibocsátás (1985-)* [Online]. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ua025d.html?down=50: KSH. [18.03. 2016].
- [89] Kubiskem, M., Abrams, M. (1993). Stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis in 19 temperate tree species on contrasting sites during wet and dry years. *Plant, Cell & Environment* 16, p. 1123-1129.

- [90] Kunság, B. (2013). "Kunsági Borvidék". <http://www.kunsagiborvidek.hu>.
- [91] Kunzig, R. (2013). Climate milestone: Earth's CO₂ level passes 400 ppm. *National Geographic* 9.
- [92] Kuster, T.M. (2012). Root growth, soil nutrient availability and water flow in model ecosystems of young oaks subjected to air-warming and drought. Diss., *Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich*, Nr. 20577,2012
- [93] Kuster, T.M., Arend, M., Günthardt-Goerg, M.S., Schulin, R. (2013). Root growth of different oak provenances in two soils under drought stress and air warming conditions. *Plant and soil* 369, p. 61-71.
- [94] Kuster, T.M., Bleuler, P., Arend, M., Günthardt-Goerg, M.S., Schulin, R. (2011). Soil water, temperature regime and growth of young oak stands growth in lysimetres subjected to drought stress and air warming. *Bulletin BGS* 32, p. 7-12.
- [95] Kuster, T.M., Dobbertin, M., Gunthardt-Goerg, M.S., Schaub, M., Arend, M. (2014). A Phenological Timetable of Oak Growth under Experimental Drought and Air Warming. *Plos One* 9. doi: 10.1371/journal.pone.0089724.
- [96] Kwadijk, J.C., Haasnoot, M., Mulder, J.P., Hoogvliet, M., Jeuken, A., van der Krogt, R.A., van Oostrom, N.G., Schelfhout, H.A., van Velzen, E.H., van Waveren, H. (2010). Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1, p. 729-740.
- [97] Ladányi, M., Erdélyi, É. (2009). "A REVIEW OF RISK METHODS IN CLIMATE CHANGE IMPACT RESEARCH IN HUNGARY," *Environmental, Health And Humanity Issues In The Down Danubian Region: Multidisciplinary Approaches.*, p. 245-253.
- [98] Ladányi, M., Horváth, L. (2010). A review of the potential climate change impact on insect populations – general and agricultural aspects. *Applied ecology and environmental research* 8, p. 143-152.
- [99] Ladanyi, M., Persely, S., Szabo, T., Soltesz, M., Nyeki, J., Szabo, Z. (2009). The application of a heat sum model for the budburst of sour cherry varieties grown at Ujfeherto. *Int J Horti Sci* 4, p. 105-112.
- [100] Ladanyi, M., Szenteleki, K., Erdélyi, E. (Year). "The risk of Hungarian vine production from climate change aspect", *OIV Budapest, CD ROM*.

- [101] Lakos, J., Erdélyi, É. (2010). "Az almatermesztés környezeti feltételeinek jövőbeni alakulása", *Advanced Information Technologies in Agriculture and Related Sciences. Summer University on Information Technology in Agriculture and Rural Development: Proceedings.* (ed.) V. L. (Debrecen: Magyar Agrárinformatikai Szövetség).
- [102] Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmler, W., Nobis, M., Rudmann-Maurer, K., Schweingruber, F., Theurillat, J. (2009). Flora indicativa—Ecological indicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps. *Editions des Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève*, p. 376.
- [103] Lane, J.-E. (2016). THE COP21 AGREEMENT: Greenhouse Gases and the GDP. *International Journal* 1.
- [104] László, F. (2012). A klímaváltozás következményeként megváltozó katasztrófaveszélyeztettség, *Repüléstudományi közlemények* 24:(2) p. 242-252.
- [105] Lau, L.C., Lee, K.T., Mohamed, A.R. (2012). Global warming mitigation and renewable energy policy development from the Kyoto Protocol to the Copenhagen Accord—A comment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, p. 5280-5284.
- [106] Lebourgeois, F., Bréda, N., Ulrich, E., Granier, A. (2005). Climate-tree-growth relationships of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees* 19, p. 385-401.
- [107] Leiserowitz, A.A., Maibach, E.W., Roser-Renouf, C., Smith, N., Dawson, E. (2013). Climategate, public opinion, and the loss of trust. *American behavioral scientist* 57, p. 818-837.
- [108] Leuschner, C., Backes, K., Hertel, D., Schipka, F., Schmitt, U., Terborg, O., Runge, M. (2001). Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. *Forest Ecology and Management* 149, p. 33-46.
- [109] Leyser, O. (2009). The control of shoot branching: an example of plant information processing. *Plant, cell & environment* 32, p. 694-703.
- [110] Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259, p. 698-709.

- [111] Lindström, Å., Green, M., Paulson, G., Smith, H.G., Devictor, V. (2013). Rapid changes in bird community composition at multiple temporal and spatial scales in response to recent climate change. *Ecography* 36, p. 313-322.
- [112] Mann, M.E., Bradley, R.S., Hughes, M.K. (1998). Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* 392, p. 779-787.
- [113] Marcott, S.A., Shakun, J.D., Clark, P.U., Mix, A.C. (2013). A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. *science* 339, p. 1198-1201.
- [114] Márkus, F., Kapitány, J. (2001). A fűszerpaprika termesztése és feldolgozása. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó* 112.
- [115] Masson-Delmotte, V., Raffalli-Delerce, G., Danis, P., Yiou, P., Stievenard, M., Guibal, F., Mestre, O., Bernard, V., Goosse, H., Hoffmann, G. (2005). Changes in European precipitation seasonality and in drought frequencies revealed by a four-century-long tree-ring isotopic record from Brittany, western France. *Climate Dynamics* 24, p. 57-69.
- [116] Mátyás, C. (1996). Erdészeti ökológia. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, p. 69-70.
- [117] McCarthy, J.J. (2001). Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.
- [118] McDowell, N.G. (2011). Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. *Plant physiology* 155, p. 1051-1059.
- [119] Mijnsbrugge, K.V., **Turcsán, A.**, Maes, J., Duchêne, N., Meeus, S., Steppe, K., Steenackers, M. (2016). Repeated summer drought and re-watering during the first growing year of oak (*Quercus petraea*) delay autumn senescence and bud burst in the following spring. *Frontiers in Plant Science* 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00419.
- [120] Mira de Orduña, R. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International* 43, p. 1844-1855.
- [121] Moky, J. (1998). The second industrial revolution, 1870-1914. *Storia dell'economia Mondiale*, p. 219-245.
- [122] Munné-Bosch, S., Alegre, L. (2004). Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology* 31, 203-216.

- [123] Müller, D., Leyser, O. (2011). Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Annals of Botany*, mcr069.
- [124] Nagyová, L., Horská, E., Kádeková, Z. (2011). Food quality policy and labelling. *Delhi Business Review* 12, p. 85-100.
- [125] Niinemets, U. (2010). Responses of forest trees to single and multiple environmental stresses from seedlings to mature plants: Past stress history, stress interactions, tolerance and acclimation. *Forest Ecology and Management* 260, 1623-1639. doi: 10.1016/j.foreco.2010.07.054.
- [126] Némethyné Uzoni Hanna (2008): A zöldségfélék vetőmagtermesztésének helyzete Magyarországon. *Agrofórum* 12., p. 18-19..
- [127] Nordell, B. (2003). Thermal pollution causes global warming. *Global and planetary change* 38, p. 305-312.
- [128] Novák, A., Erdélyi, É. (2010). How barley growing conditions and its output change in Hungary. *Agrárinformatika/Journal of Agricultural Informatics* 1, p. 1-7.
- [129] Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K., Skjelvåg, A., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34, p. 96-112.
- [130] Olivier, J.G., Janssens-Maenhout, G., and Peters, J.A. (2012). "Trends in global CO2 emissions: 2012 Report". *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague*.
- [131] Orłowsky, Boris, Sonia I. Seneviratne. (2012) Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. *Climatic Change* 110.3-4, p. 669-696.
- [132] Pachauri, R.K., Allen, M., Barros, V., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- [133] Painter, D.S. (2012). Oil the American century. *Journal of American History* 99, p. 24-39.
- [134] Palov, J. (1985). "Az öntözések múltja a dél – Tiszántúlon. ", in: *A Békés Megyei Múzeumok Közleményei* 8. (Békéscsaba).
- [135] Petz, K., Minca, E.L., Werners, S.E., Leemans, R. (2012a). Managing the current and future supply of ecosystem services in the Hungarian and Romanian Tisza River Basin. *Regional Environmental Change* 12, p. 689-700.

- [136] Petz, K., **Turcsán, A.**, Erdélyi, É. (2012b). "Changing climate affects agro-ecosystem services, a positive example in Hungary," in *16th International Eco-Conference, 7th Eco Conference on Safe Food: Climate and production of safe food.*, ed. N. Eleksic. (Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad), p. 63-71.
- [137] Pilcher, J., Gray, B. (1982). The relationships between oak tree growth and climate in Britain. *The journal of ecology*, p. 297-304.
- [138] Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. (2011). R Development Core Team. 2010. nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-97. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna*.
- [139] Psidova, E., Ditmarova, L., Jamnicka, G., Kurjak, D., Majerova, J., Czajkowski, T., aBolte, A. (2015). Photosynthetic response of beech seedlings of different origin to water deficit. *Photosynthetica* 53, 187-194. doi: 10.1007/s11099-015-0101-x.
- [140] Quadrelli, R., Peterson, S. (2007). The energy–climate challenge: recent trends in CO₂ emissions from fuel combustion. *Energy Policy* 35, p. 5938-5952.
- [141] Quarrie, J. (1992). Earth Summit'92. *The United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro 1992*.
- [142] Reich, P., Teskey, R., Johnson, P., Hinckley, T. (1980). Periodic root and shoot growth in oak. *Forest Science* 26, p. 590-598.
- [143] Révész, T., Zalai, E. (2012). A klímaváltozás lehetséges gazdasági hatásainak vizsgálata statikus és dinamikus általános egyensúlyi modellel. *ResearchGate*
- [144] Rohde, A., Storme, V., Jorge, V., Gaudet, M., Vitacolonna, N., Fabbrini, F., Ruttink, T., Zaina, G., Marron, N., Dillen, S. (2011). Bud set in poplar–genetic dissection of a complex trait in natural and hybrid populations. *New Phytologist* 189, p. 106-121.
- [145] Rónavári-Kedves, L., Varga, I. (2013). Tudásmenedzsment alkalmazásának lehetőségei. *Tudományos Évkönyv , (Budapesti Gazdasági Főiskola)* 2, p. 75-81.
- [146] Rosenkranz, P., Brüggemann, N., Papen, H., Xu, Z., Horvath, L., & Butterbach-Bahl, K. (2006). Soil N and C trace gas fluxes and microbial soil N turnover in a sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) forest in Hungary. *Plant and soil*, 286 (1-2), p. 301-322.
- [147] Russill, C., Nyssa, Z. (2009). The tipping point trend in climate change communication. *Global Environmental Change* 19, p. 336-344.

- [148] Sárkány, J. (2011). *RE: Bor, must adatok értékelése. Szóbeli közlés*
- [149] Scharnweber, T., Manthey, M., Criegee, C., Bauwe, A., Schröder, C., Wilmking, M. (2011). Drought matters—declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *Forest Ecology and Management* 262, p. 947-961.
- [150] Schultz, H.R., Jones, G.V. (2010). Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of Wine Research* 21, 137-145. doi: 10.1080/09571264.2010.530098.
- [151] Schulze, E.-D., Lange, O., Buschbom, U., Kappen, L., Evenari, M. (1972). Stomatal responses to changes in humidity in plants growing in the desert. *Planta* 108, p. 259-270.
- [152] Simonné, I.K. (2007a). *RE: Szóbeli közlés.*
- [153] Simonné, I.K. (2007b). "Előadás jegyzet". (Szarvas).
- [154] Simonné, K. (1983). A rizs termesztése. Rice Production, *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
- [155] Smith, J.B., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe, G.W., Hare, W., Mastrandrea, M.D., Patwardhan, A., Burton, I., Corfee-Morlot, J., Magadza, C.H. (2009). Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)“reasons for concern”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, p. 4133-4137.
- [156] Soar, C.J., Sadras, V.O., Petrie, P.R. (2008). Climate drivers of red wine quality in four contrasting Australian wine regions. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 14, p. 78-90.
- [157] Solomon, S. (2007). Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC. *Cambridge University Press.*
- [158] Somogyi, N., Pék, M., Mihaly, A. (Year). "Applied spice paprika (*Capsicum annum* L. var. *longum*) growing technologies and processing in Hungary", in: *XIVth International Symposium on Horticultural Economics* 536), p. 389-396.
- [159] Spieß, N., Oufir, M., Matušíková, I., Stierschneider, M., Kopecky, D., Homolka, A., Burg, K., Fluch, S., Hausman, J.-F., Wilhelm, E. (2012). Ecophysiological and transcriptomic responses of oak (*Quercus robur*) to long-term drought exposure and rewatering. *Environmental and Experimental Botany* 77, p. 117-126.
- [160] Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, B., Midgley, B. (2013). IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis.

Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

- [161] Su, Y.-H., Liu, Y.-B., Zhang, X.-S. (2011). Auxin–cytokinin interaction regulates meristem development. *Molecular plant* 4, p. 616-625.
- [162] Svejgaard Jensen, J., Douglas Deans, J. (2004). Late autumn frost resistance of twelve north European provenances of *Quercus* species. *Scandinavian journal of forest research* 19, p. 390-399.
- [163] Szabó, I. (2002). *A hagymafélék termesztése*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.
- [164] Szakály, Z., Sarudi, C. (2012). Hagyományos magyar termékek marketingstratégiája, különös tekintettel a táplálkozási előnyök szerepére. *Élelmiszer, Táplálkozás és Marketing* 1.
- [165] Szenteleki, K., Gaál, M., Mézes, Z., Szabó, Z., Zanathy, G., Bisztray, G., Ladányi, M. (2012a). Termésbiztonsági elemzések a Közép-magyarországi régióban a klímaváltozás tükrében. A szőlő-, a cseresznye-és a meggytermelés helyzete és jövőképe. *Fenntartható fejlődés, élhető régió, élhető települési táj 1. Budapesti Corvinus Egyetem*, Budapest, p. 173-203. ISBN 978-963-503-504-5
- [166] Szenteleki, K., Horvath, L., Ladányi, M., Nagatsuka, T., Ninomiya, S. (Year). "Climate Analogies and Risk Analysis of Hungarian Viticulture", in: *World conference on agricultural information and IT, IAALD AFITA WCCA 2008, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan, 24-27 August, 2008.*: Tokyo University of Agriculture), p. 389-396.
- [167] Szenteleki, K., Ladányi, M., Gaál, M., Zanathy, G., Bisztray, G. (2012b). Climatic risk factors of Central Hungarian grape growing regions. *Applied Ecology and Environmental Research* 10, p. 87-105.
- [168] Szűcs, K. (1975). A fűszerpaprika termesztése és feldolgozása. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest* 17.
- [169] Thomas, F. (2000). Growth and water relations of four deciduous tree species. *Fagus sylvatica*, p. 104-115.
- [170] Thomas, F.M., Gausling, T. (2000). Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Annals of Forest Science* 57, p. 325-333.

- [171] Timár, L. (1993). Az Alföld mezőgazdasága a két világháború között. *Tér és Társadalom* 7, p. 35.-66.
- [172] Timmermann, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M., Latif, M., Roeckner, E. (1999). Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature* 398, p. 694-697.
- [173] Tonietto, J., Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology* 124, p. 81-97. doi: 10.1016/j.agrformet.2003.06.001.
- [174] Torma, C., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J., Pongrácz, R. (2011). Validation of a high-resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian basin. *Journal of Hydrometeorology* 12, p. 84-100.
- [175] Tóth, F. (1961). A makói hagyma történetének néhány fejezete. Makó: *Móra Ferenc Múzeum évkönyve*.
- [176] **Turcsán, A.**, Erdélyi, É. (2011). "A rizs fejlődési szakaszainak alakulása a melegedő éghajlat hatására Magyarországon," in *LIII. Georgikon Napok nemzetközi tudományos konferencia, Fenntarthatóság és versenyképesség?*, ed. D.L. Gábor. Keszthely, p. 745-753.
- [177] **Turcsán, A.**, Erdélyi, É. (2012). "Red pepper and bulb vegetables under changing climate in Hungary," in *16th International Eco-Conference, 7th Eco Conference on Safe Food: Climate and production of safe food.*, ed. N. Aleksic. (Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad), p. 53-61.
- [178] **Turcsán, A.**, Erdélyi, É. (2014). "Modelling the Effects of Climate Change on Wine Production for Kunság Region," in *Safe Food*, ed. N. Aleksic. (Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad), p. 49-56.
- [179] **Turcsán, A.**, Erdélyi, É., Werners, S. (2014). "Éghajlatváltozás, és alkalmazkodási stratégiák keresése a szőlőtermesztésben: egy új módszer bemutatása, Adaptációs "turning point" - hogy is nevezzetek? ", *Multidiszciplináris kihívások, sokszínű válaszok.* (ed.) H. Farkas. (Budapest).
- [180] **Turcsán, A.**, Steppe, K., Sárközi, E., Erdélyi, É., Missoorten, M., Mees, G., & Mijnsbrugge, K. V. (2016). Early summer drought stress during the first growing year stimulates extra shoot growth in oak seedlings (*Quercus petraea*). *Frontiers in plant science*, 7.

- [181] Van der Werf, G., Sass-Klaassen, U.G., Mohren, G. (2007). The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on a dry site in the Netherlands. *Dendrochronologia* 25, p. 103-112.
- [182] Vandekerckhove, K., De Keersmaecker, L., Walley, R., Kohler, F., Crevecoeur, L., Govaere, L., Thomaes, A., Verheyen, K. (2011). Reappearance of Old-Growth Elements in Lowland Woodlands in Northern Belgium: Do the Associated Species Follow? *Silva Fennica* 45, p. 909-935.
- [183] Vander Mijnsbrugge, K. (2015). *RE: ERASMUS practicum*.
- [184] Vander Mijnsbrugge, K., Coart, E., Beeckman, H., Van Slycken, J. (2003a). Conservation measures for autochthonous oaks in Flanders. *Forest Genetics* 10, p. 207-217.
- [185] Vander Mijnsbrugge, K., Coart, E., Beeckman, H., Van Slycken, J. (2003b). Conservation measures for autochthonous oaks in Flanders. *Forest Genetics* 10, p. 207 - 217.
- [186] Vander Mijnsbrugge, K., Cox, K., Van Slycken, J. (2005). Conservation approaches for autochthonous woody plants in Flanders. *Silvae Genetica* 54, p. 197-206.
- [187] Vanstraelen, M., Benková, E. (2012). Hormonal interactions in the regulation of plant development. *Annual review of cell and developmental biology* 28, p. 463-487.
- [188] Velders, G.J., Andersen, S.O., Daniel, J.S., Fahey, D.W., McFarland, M. (2007). The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, p. 4814-4819.
- [189] Vivin, P., Aussenac, G., Levy, G. (Year). "Differences in drought resistance among 3 deciduous oak species grown in large boxes", *Annales des sciences forestières*: EDP Sciences, p. 221-233.
- [190] Vranckx, G., Jacquemyn, H., Muys, B., Honnay, O. (2012). Meta-Analysis of Susceptibility of Woody Plants to Loss of Genetic Diversity through Habitat Fragmentation. *Conservation Biology* 26, 228-237. doi: 10.1111/j.1523-1739.2011.01778.x.
- [191] Vranckx, G., Mergeay, J., Cox, K., Muys, B., Jacquemyn, H., Honnay, O. (2014). Tree density and population size affect pollen flow and mating patterns in small fragmented forest stands of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Forest Ecology and Management* 328, p. 254-261. doi: 10.1016/j.foreco.2014.05.044.

- [192] Weart, S.R. (2008). The discovery of global warming: revised and expanded edition. *Harvard University Press*.
- [193] Weinhoff, J. (2011). A klímaváltozás és hatásai *Military Science Review/Hadtudományi Szemle* 4.
- [194] Werners, S. (2012). Turning points in climate change adaptation. *Global Environmental Change* 16, p. 253-267.
- [195] Yoshida, S. (1981). Fundamentals of rice crop science. *Int. Rice Res. Inst.*
- [196] Yoshioka, M., St-Pierre, S., Drapeau, V., Dionne, I., Doucet, E., Suzuki, M., Tremblay, A. (1999). Effects of red pepper on appetite and energy intake. *British Journal of Nutrition* 82, p. 115-123.
- [197] Zhang, X., Zwiers, F.W., Hegerl, G.C., Lambert, F.H., Gillett, N.P., Solomon, S., Stott, P.A., Nozawa, T. (2007). Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature* 448, p. 461-465.

11.FOGALMAK

- [1] akvakultúra: A tengeri és édesvízi növények és állatok kontrollált körülmények közötti tenyésztését jelenti.
- [2] klímaforgatókönyv: Más néven éghajlati előrejelzések, az emberi tevékenység hatására a jövőben történő lehetséges éghajlati változásokat írja le.
- [3] El Nino: Egy természetes éghajlati jelenség, ami a tengervíz áramlásával van összefüggésben és ciklikusan jelentkezik. Karácsony tájékán kezdődik és 9-12 hónapig tart.
- [4] meteorológiai aszály: Terület specifikus, a csapadék mennyiségét összehasonlítják az adott helyen és időben megfigyelt hosszú idejű csapadékatlaggal. A meteorológiai aszály a talaj nedvességtartalmának csökkenését jelenti.
- [5] üvegházhatású gázok: Ebbe a csoportba azon gázok tartoznak, amelyek elnyelik és kisugározzák az infravörös hullámhosszú fényt. Így, a hatásnak köszönhetően emelik a földünk átlaghőmérsékletét. A Föld légkörében a fontosabb üvegházhatású gázok a következők: széndioxid, vízgőz, metán, ózon és a dinitrogén-oxid.
- [6] kvóta: Egy megszabott adott egységet jelent. Hazánk EU-s csatlakozásakor ilyen egységeket, kvótákat határoztak meg minden természetű növény területére.
- [7] eredethely megjelölés: Olyan mezőgazdasági termékekre és élelmiszerekre vonatkozik, amelyek előállítására, feldolgozására és elkészítésére egy meghatározott földrajzi területen, elismert módszerek alkalmazásával kerül sor az Európai Unión belül.
- [8] levél sztóma: Más néven gázcserenyílás, az epidermisz alapsejtek közé ékelődő két vagy több sejtből álló, a többi epidermisz sejtől jól elkülönült sejtcsoport.
- [9] xilém: A fás növények vízszállító rendszere. Feladata a víz és a víz-oldékony ásványi anyagok transzportja a gyökerektől a növény többi részéhez, a párologtatás és fotoszintézis során elvesztett víz pótlása.
- [10] xeromorf levél: A szárazsághoz alkalmazkodott levelek. A levél felülete sokszor szőrös és a sztómák mélyen helyezkednek el, ami segít csökkenteni aszályos időben a vízvesztést.
- [11] tenyészidőszak hőösszege: A növény fejlődési ideje során a növényt ért összes hőmennyiség együttesen.

- [12] aktív hőösszeg: A növény számára felhasználható hőmennyisége összessége. A tenyészidőszak hőösszegéből levonjuk a biológiai nulla fok alatti hőmérsékleteket, napi lebontásban. A biológiai nulla fok növény specifikus, a rizs számára ez az érték $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- [13] regressziós görbe: A két ismérv közti kapcsolat tendenciáját leíró vonalat regressziós görbének nevezzük.
- [14] endemikus faj: Olyan növény- vagy állatfaj, amely jelenlegi elterjedési területén alakult ki.
- [15] porometriás mérés: Más néven a növényi transzspiráció mérése, a növény gázcsere nyílásain keresztül történő gázcserét vizsgálja.

12.FÜGGELÉK

Bor készítésével és szőlő termesztésével kapcsolatos kérdőív

Alap kérdések

1. Név
2. Munkahely és előző munkahely (amennyiben szőlő termesztéssel kapcsolatos)
3. Tapasztalat
4. Mióta van kapcsolatban bor termeléssel és szőlő termesztéssel?
5. Melyik magyarországi bortermő körzetben rendelkezik tapasztalattal?
6. Milyen kapcsolatban van bor előállítással? (ellenőrzés, családi termelés)
7. Van-e kapcsolata termelőkkel az ismert borvidéken?
8. Ha igen milyen jellegű? (ellenőrzés, családi termelés)

Szőlő termesztés és esetleg kockázati tényezők

9. Milyen gyakorisággal figyelt meg termés kiesést a szőlőben az elmúlt 20-30 évben?
10. Mi volt a termés kiesés fő oka? (időjárás, kártevők, egyéb)
11. Ön szerint van kapcsolat a termesztési technológia, fajtahasználat és a megfigyelt termés kiesés között? (bizonyos fajta kevésbé érzékeny)
12. Megfigyelt-e az elmúlt időszakban fagykárt vagy aszálykárt? Ha igen, milyen mértékű volt?
13. Ön szerint, milyen mértékű csapadék hiány és hőmérséklet csökkenés okozhat termés kiesést?
14. Ön szerint, a termés kiesés nagysága növekedett vagy csökkent az elmúlt időszakban?

Must- és bor paraméterek és az időjárás kapcsolata

15. Ön szerint, milyen kapcsolat van egy melegebb év és a must minősége között?
16. Ön szerint, melyek az érzékeny szőlő fajták az időjárás változékonyságára?
17. Találkozott-e már olyan évvel, amikor a szokásosnál korábban kellett szüretelni? Ha igen, milyen hatással volt a bor minőségére?
18. A termelők hogyan reagáltak a fentebb említett szituációban?
19. Ismer-e olyan szőlő fajtát, amire pozitív hatással van az éves átlaghőmérséklet emelkedés? Ismer-e olyan fajtát, amire negatív hatással van a felmelegedés?

20. Véleménye szerint, egy jobb minőségű borhoz magasabb bevétel is társul a termelőknél?

Használt technológiák és növényvédelem, illetve változásuk

21. Milyen technológiai változások voltak az elmúlt 50 év során a bortermesztésben? Mi a jelenleg használt technológia?

22. Mi volt a technológiaváltás kiváltó oka?

23. A váltás során az állam szolgáltatott-e támogatást?

24. Ön mit gondol, a termelők nyitottak új technológiák használata iránt? Miért?

25. Milyen források állnak a termelők rendelkezésére az új technológiák megismeréséhez? Kérem írja le a harmadik felet, abban az esetben ha ő közrejátszik az új technológiák bemutatásában a termelők számára.

26. Ön találkozott-e az elmúlt 50 év során újfajta kártevővel vagy kórokozóval a szőlőben?

27. Ha igen, melyek voltak az érzékeny fajták?

Határértékek

28. Ön szerint mik azok a környezeti határértékek (csapadék, hőmérséklet tekintetében) amit átlépve, a termelőknek változtatni kell az addig alkalmazott technológián?

29. Ön szerint, milyen hatással van az aszály a szőlőtermesztésre? Mik a határok?

30. Hány aszályos évet képesek a termelők átvészelni?

31. Ön szerint, milyen hatással vannak a hideg évek a szőlőtermesztésre, illetve milyen negatív hatásai vannak? Mik a határok?

32. Fagykár esetén, hány évet tud a termelő átvészelni?

33. A termelők rendelkeznek biztosítással, illetve tartalékokkal kedvezőtlen évek esetén?

34. Ön szerint, melyek a bortermelés számára fontos környezeti határértékek? (fagy, aszály, betegségek)

35. Öntözőrendszert használnak a termelők?

36. Rendelkeznek elég tartalékkal öntözőrendszer kiépítésére?

37. Ön szerint, egy gazdaságos nagy bevétellel rendelkező év során a termelők új technológiákba forgatják a pénzt, vagy félreteszik a rossz évek fedezésére?

Állami és EU támogatások

38. Ön szerint, a termelők pályáznak-e EU-s vagy hazai támogatásokra?

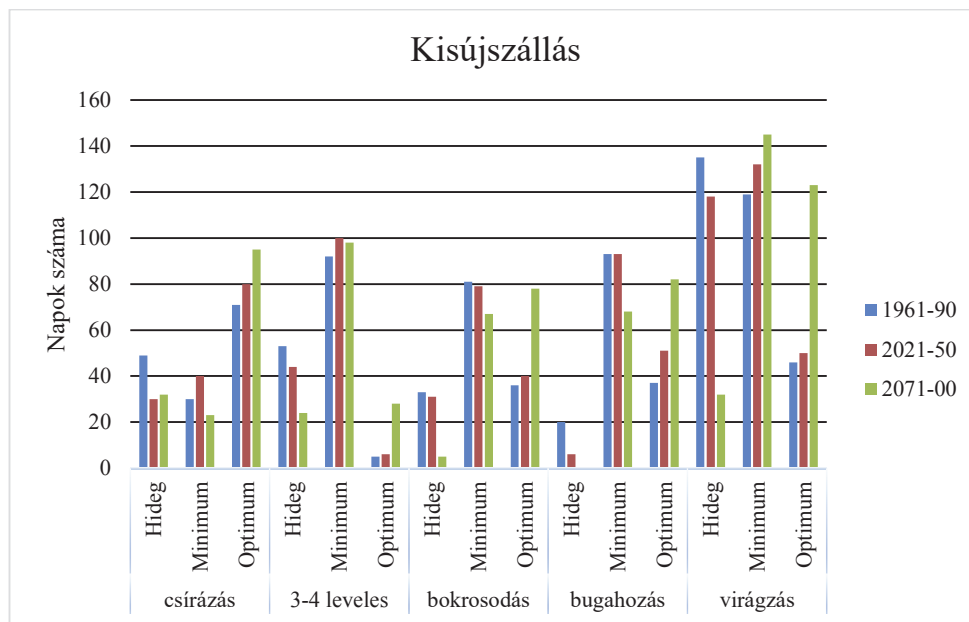
39. Milyen jellegű támogatás a legjobban elterjedt a termelőknel?
40. Tudna említeni állami támogatásokat szőlő, bor területén?
41. Tudna említeni EU támogatásokat szőlő, bor területén?
42. Ön szerint a termelők hajlandóak összedolgozni? A volt Szovjet rendszer érezteti még a hatását?

Eger és Kunság borvidék

43. Milyen rálátással bír az Egri és a Kunsági borvidékekre?
44. Sorolja fel a régiónkénti jellemző szőlő fajtákat.
45. Ön szerint, volt változás a használt fajták összetételében az elmúlt időszakban? Ha igen, miért?
46. Milyen természeti határértékek befolyásolják a szőlőtermesztést és bor előállítását az említett két borvidéken?
47. Ön szerint, melyek a legérzékenyebb fajták a környezeti változásokkal szemben a két borvidéken?
48. Ön szerint, milyen módon befolyásolná a szőlőtermesztést és bortermelést egy átlagos + 2-4 °C hőmérséklet emelkedés?

Egyéb megjegyzések?

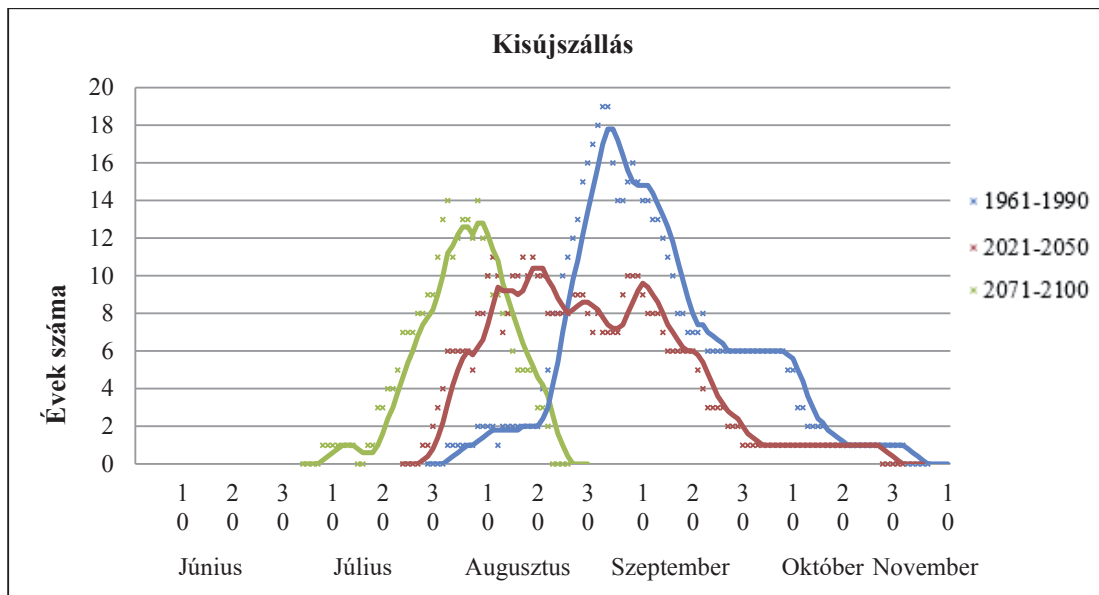
A rizs fejlődésének várható alakulása ábrákon és táblázatokban, Kisújszálláson



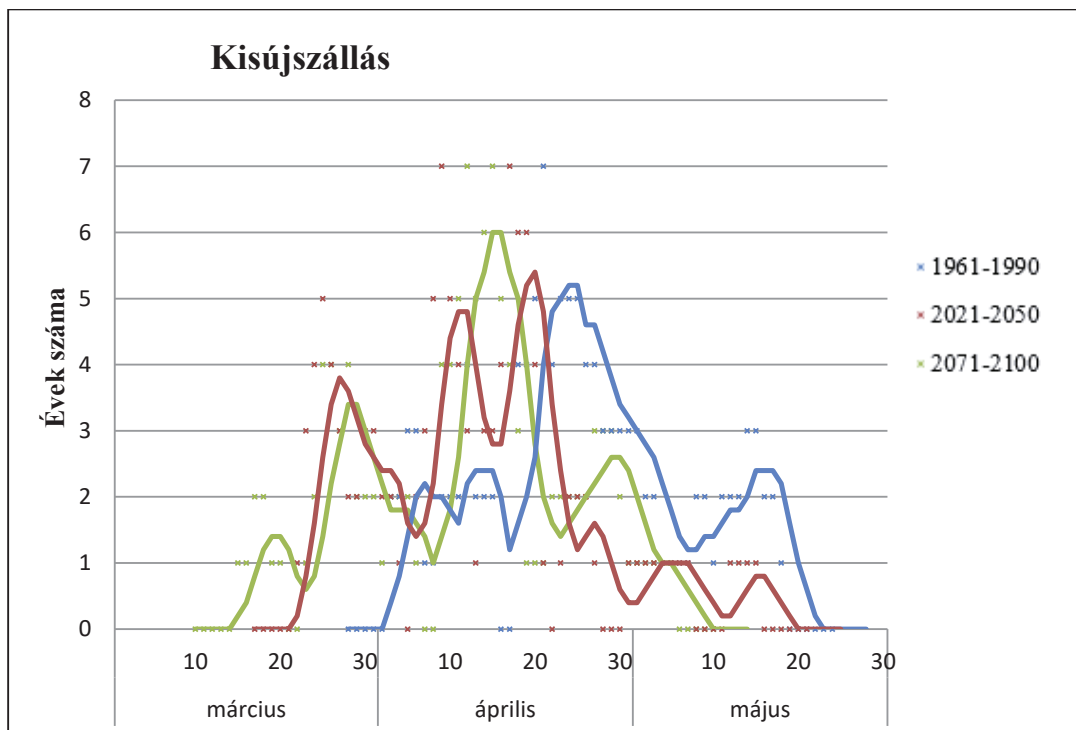
1. ábra: Fejlődési állapotok és kritikus hőmérséklet értékek változása, Kisújszálláson

1. táblázat: Rizs fejlődési szakaszai, és bekövetkezésük időpontjának alakulása Kisújszálláson

a rizs fejlődési szakaszai	jelenleg	2021-2050	2071-2100
csírázás	április 20-24.	április 20-24.	április 20-24.
3-4 leveles állapot	május 12-16.	május 7-11.	május 5-9.
bokrosodás	június 17-21.	június 12-16.	június 4-8.
bugahozás	július 17-21.	július 13-17.	június 30-július 4.
virágzás	július 25- augusztus 3.	július 18-27.	július 5-14.



2. ábra: Rizs betakarítás időpontjának alakulása Kisújszálláson 1961-2100



3. ábra: Vetési hőmérséklet időpontjának alakulása Kisújszálláson, 1961-2100

Fűszerpaprika termesztési feltételeinek vizsgálata

2. táblázat: Napi átlaghőmérsékletek (°C) alakulása a fűszerpaprika vegetációs időszakában
(Kalocsa)

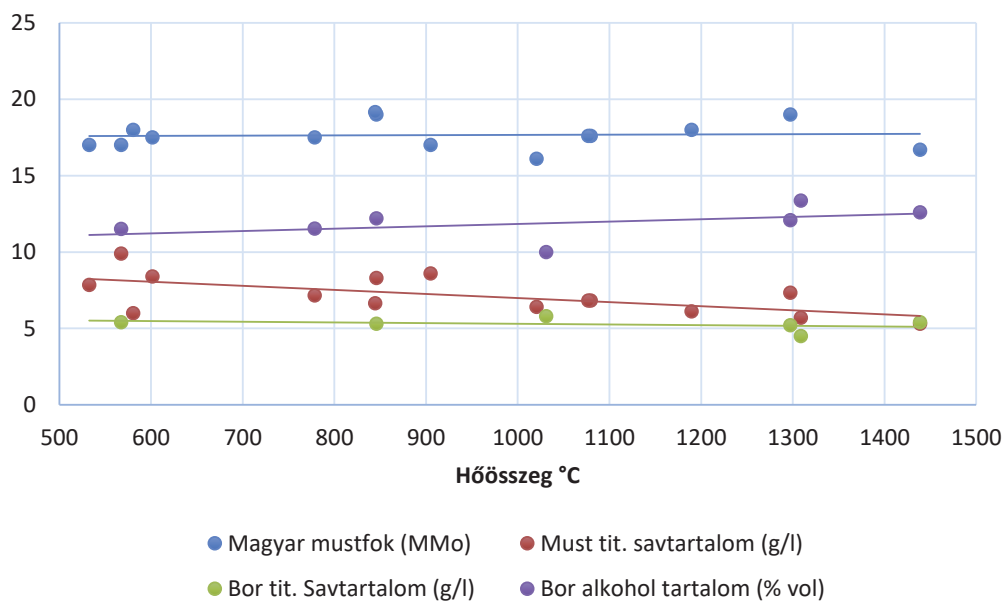
	május	június		július		augusztus		szeptember
	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.
1961-1990	16,63	18,22	19,78	21,55	20,24	19,90	18,68	16,88
2021-2050	17,80	19,82	20,46	21,95	21,51	20,57	19,13	17,09
2071-2100	19,89	21,61	23,57	24,92	24,42	24,14	22,22	20,52
Optimum	15	20	20	20	21	21	19	19

3. táblázat: Napi átlaghőmérsékletek (°C) alakulása a fűszerpaprika vegetációs időszakában
(Szeged)

	május	június		július		augusztus		szeptember
	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.
1961-1990	16,88	18,50	20,00	21,79	20,81	20,67	18,92	17,26
2021-2050	18,07	20,29	21,01	22,35	21,89	20,83	19,18	17,24
2071-2100	20,23	22,10	24,05	25,30	24,89	24,54	22,66	20,87
Optimum	15	20	20	20	21	21	19	19

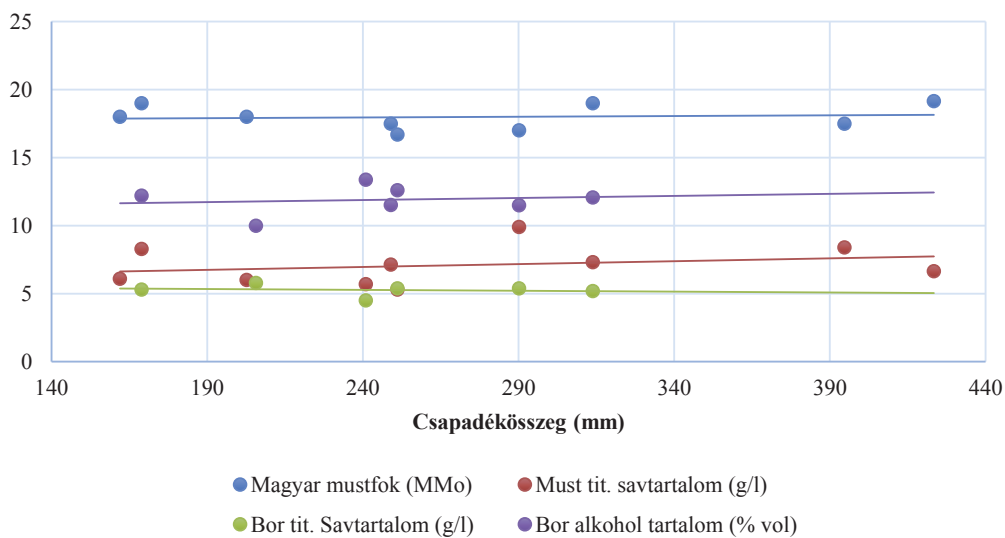
A szőlővel és borral kapcsolatos vizsgálat további eredményei

Kékfrankos

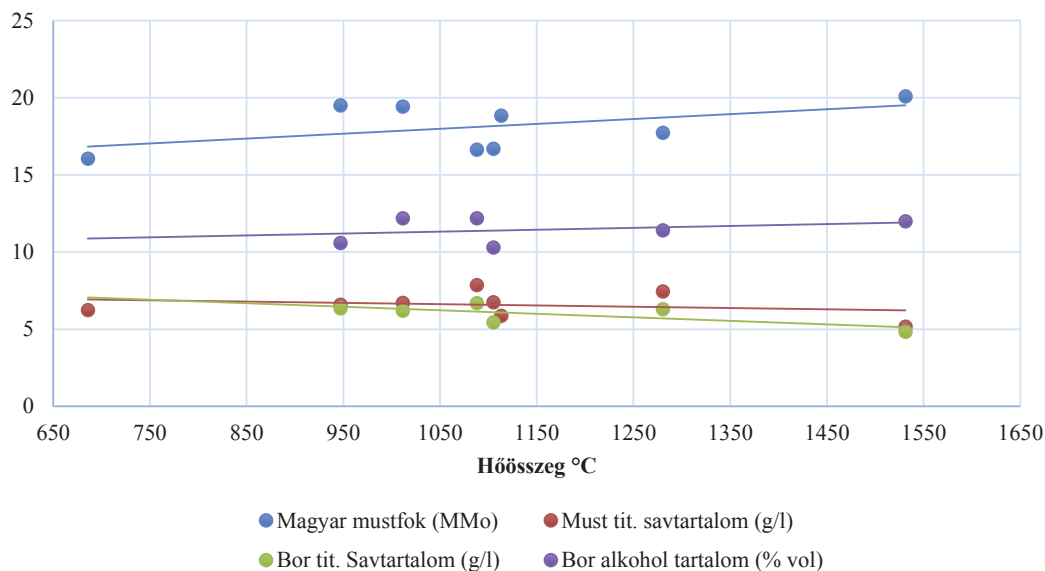


4. ábra: A Kékfrankos must és borparaméter értékek változása zsendülés és érés között, a kumulatív hőmérséklet függvényében

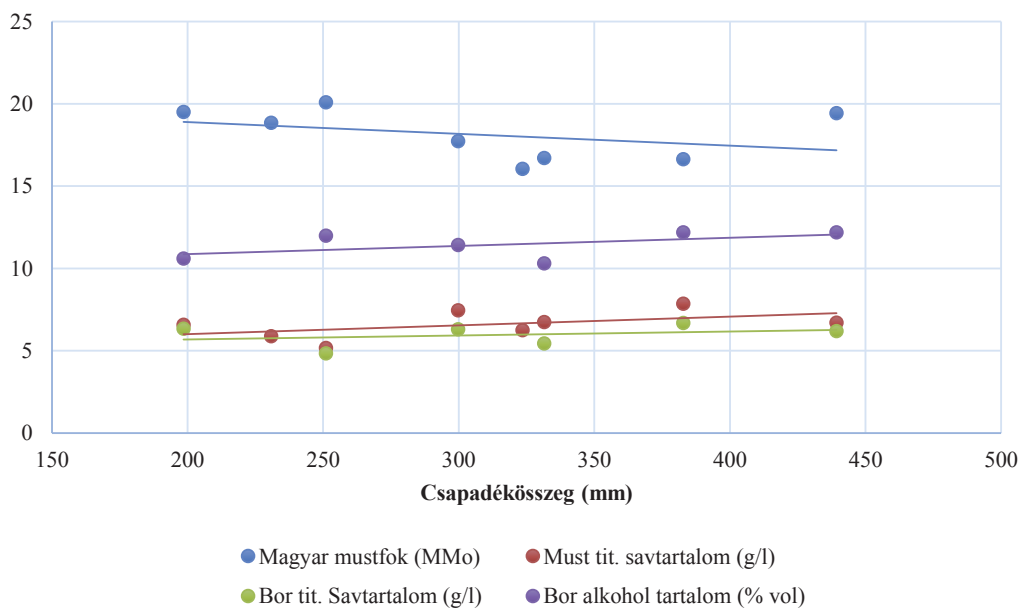
Kékfrankos



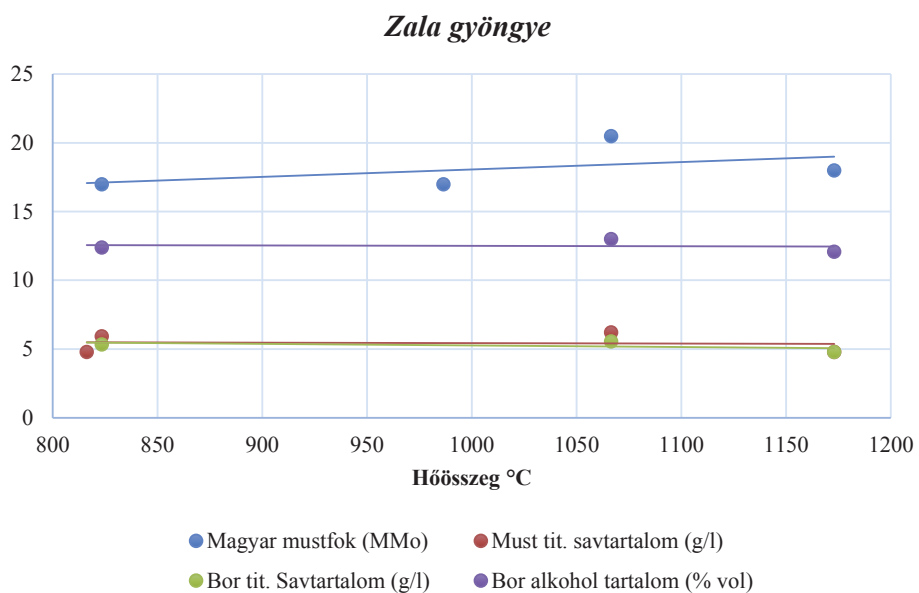
5. ábra: A Kékfrankos must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszakra, a kumulatív csapadék függvényében

Cabernet sauvignon

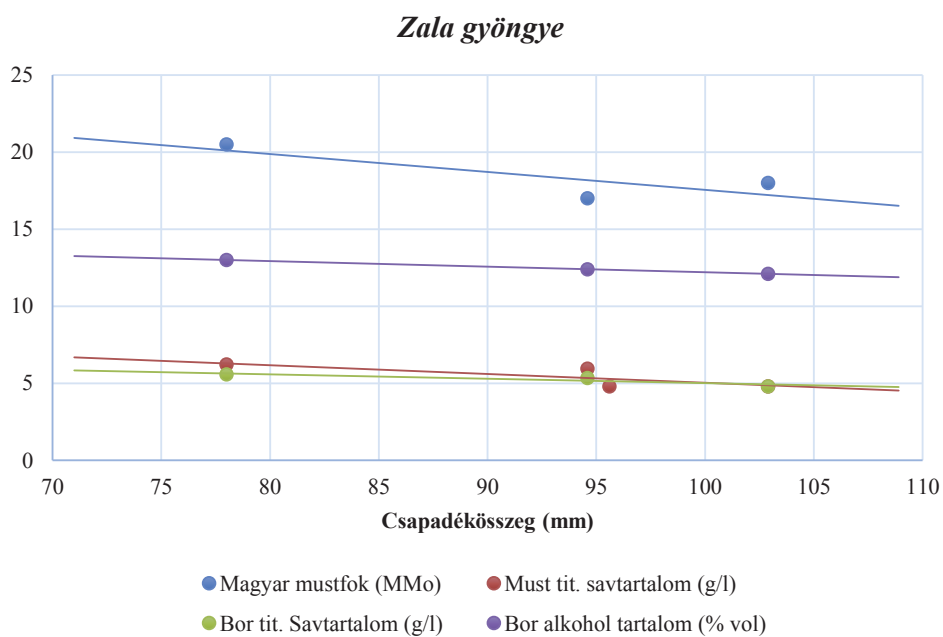
6. ábra: A Cabernet sauvignon must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a kumulatív hőmérséklet függvényében

Cabernet sauvignon

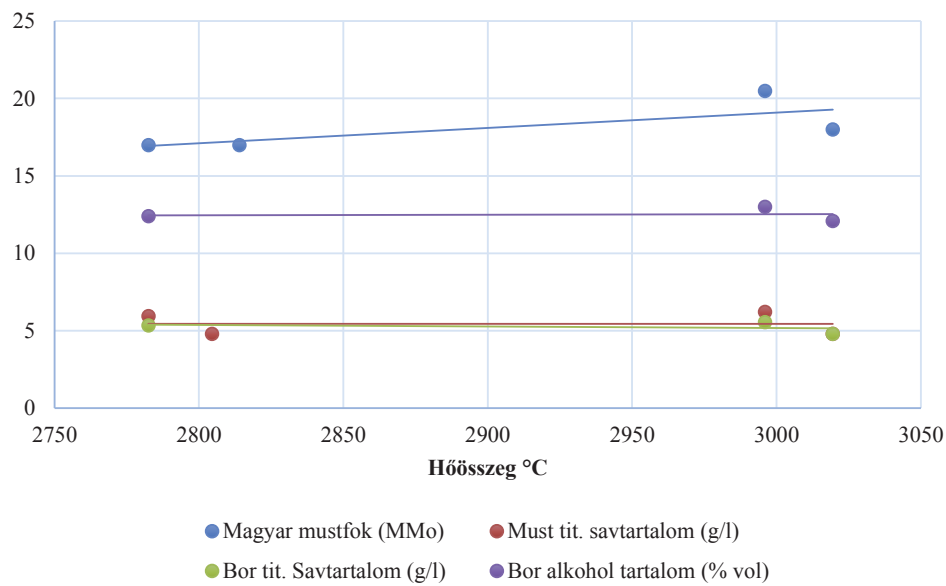
7. ábra: A Cabernet sauvignon must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszak során a csapadékösszeg függvényében



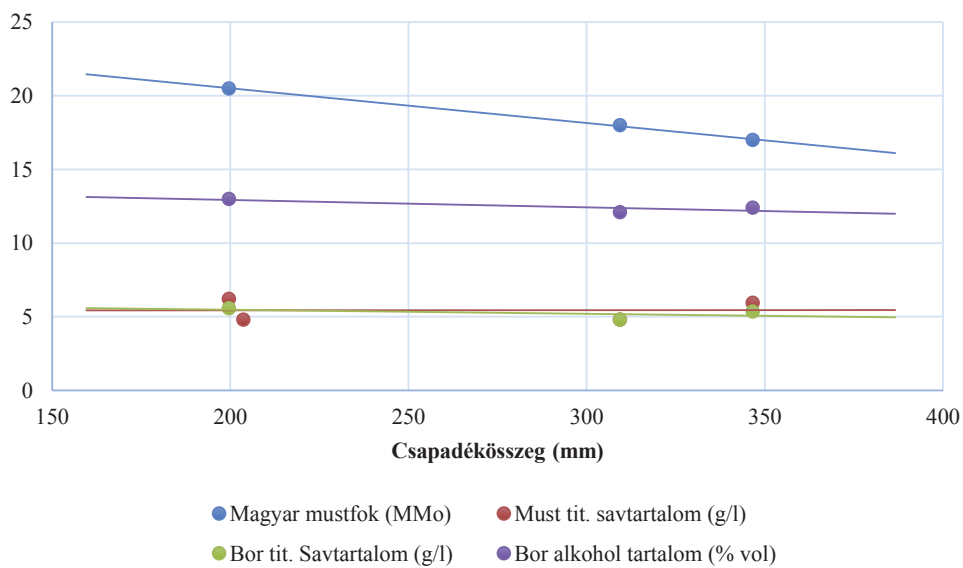
8. ábra: Zala gyöngye must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a kumulatív hőmérséklet függvényében



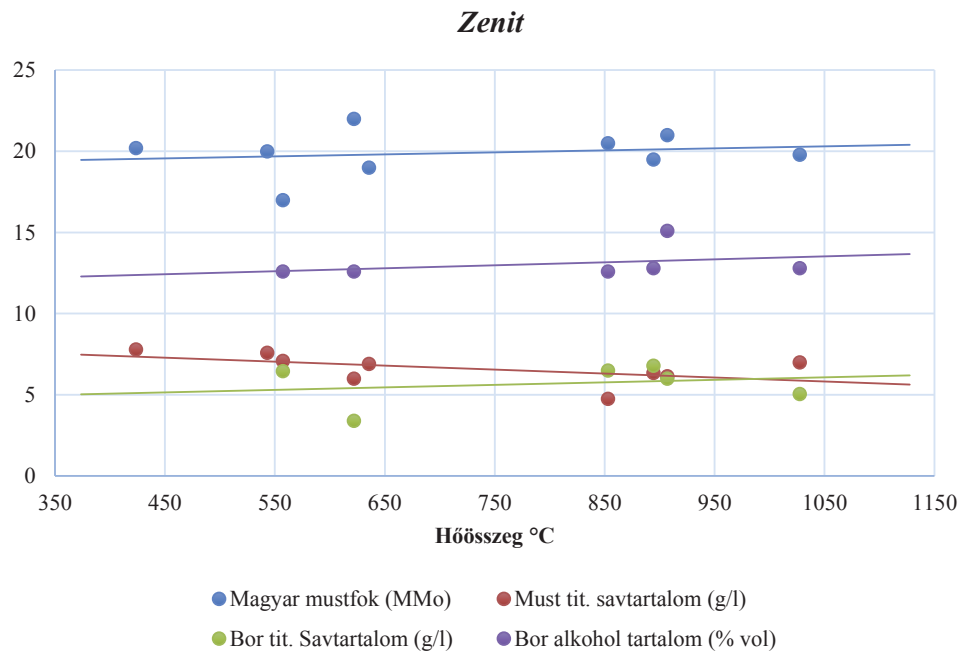
9. ábra: Zala gyöngye must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a kumulatív csapadék függvényében

Zala gyöngye

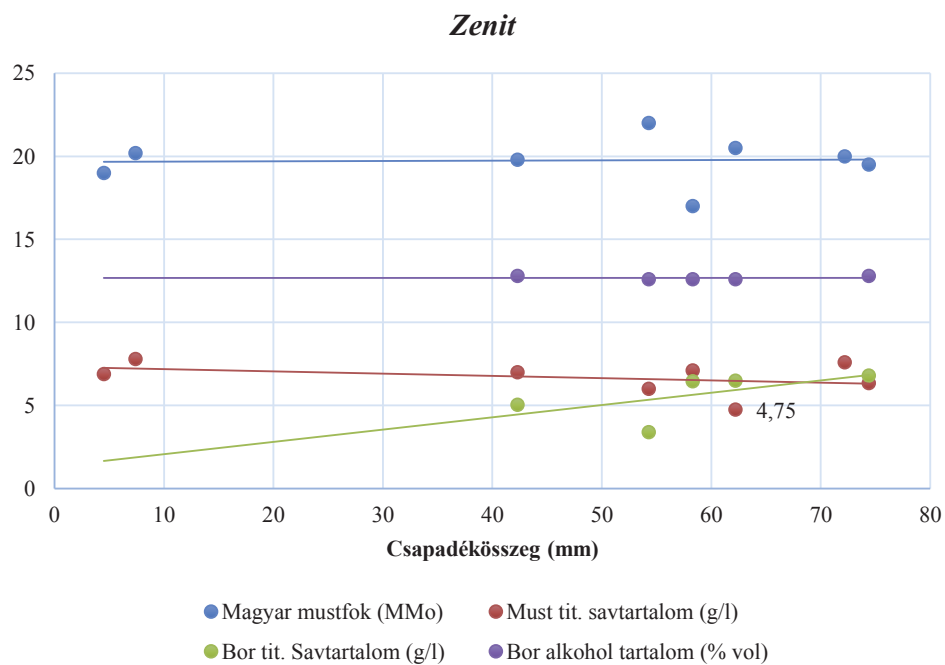
10. ábra: Zala gyöngye must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszak során a kumulatív hőmérséklet függvényében

Zala gyöngye

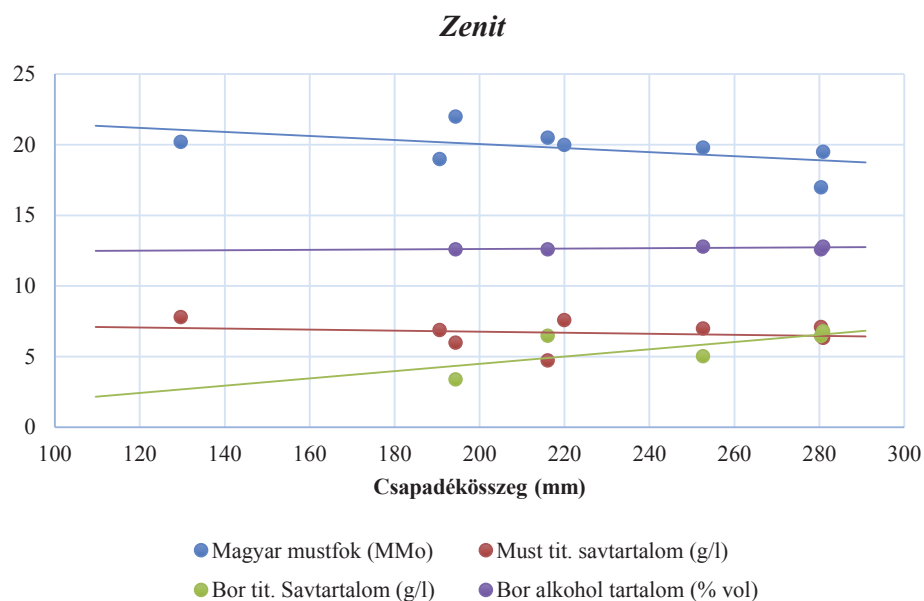
11. ábra: Zala gyöngye must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszakban a kumulatív csapadék függvényében



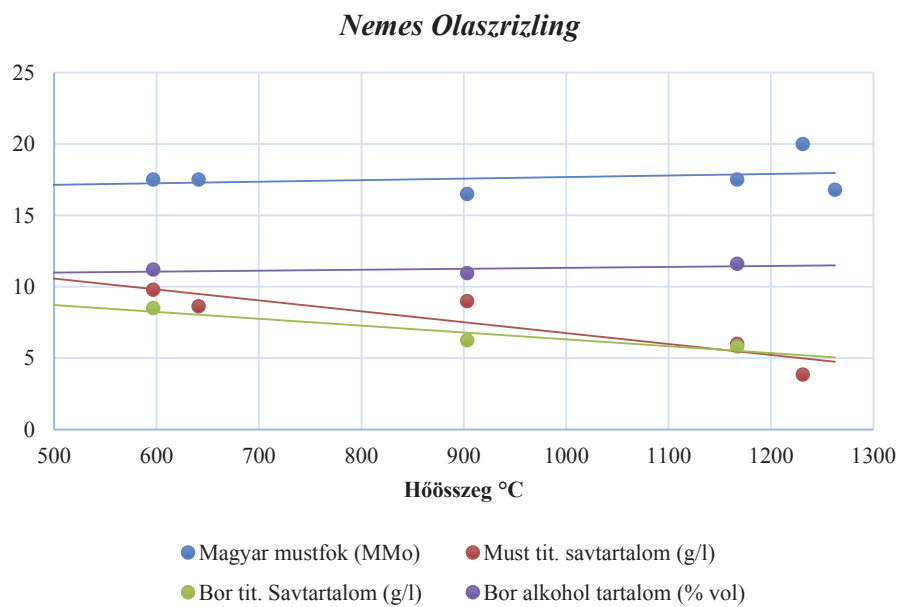
12. ábra: Zenit must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a kumulatív hőmérséklet függvényében



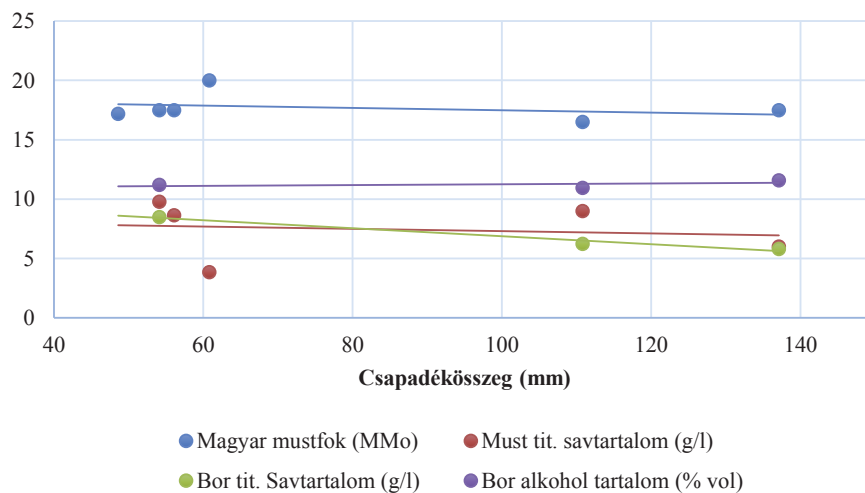
13. ábra: Zenit must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a csapadékösszeg függvényében



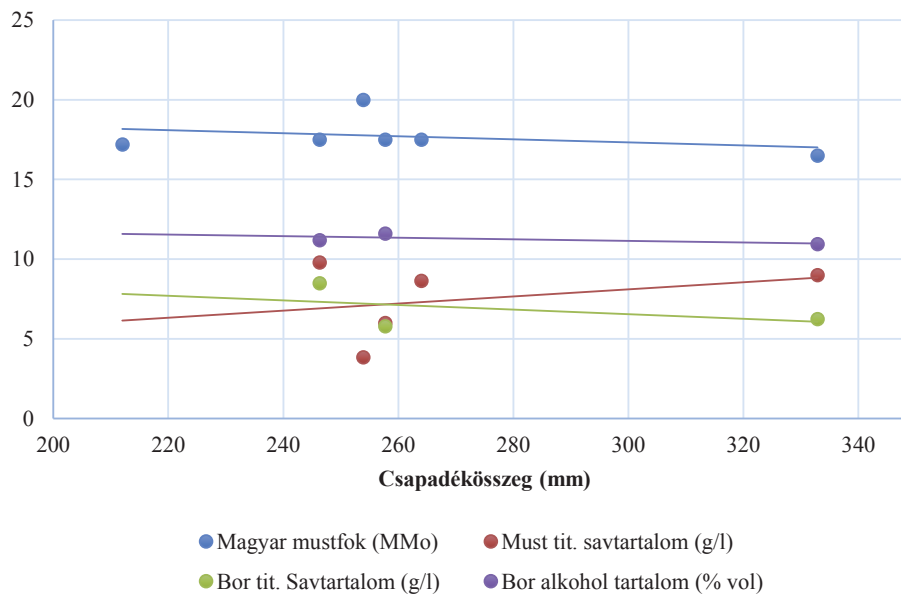
14. ábra: Zenit must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszak alatt a kumulatív csapadék függvényében



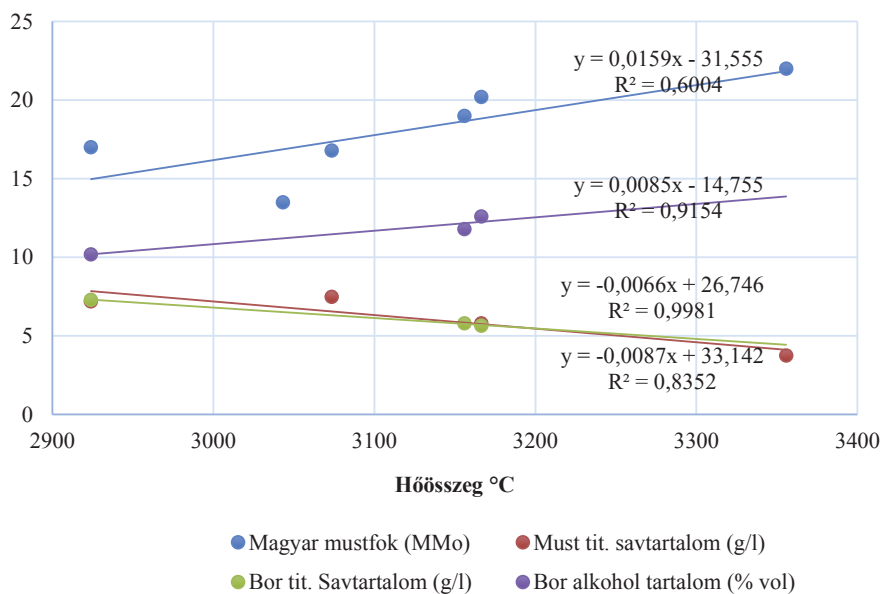
15. ábra: Nemes Olaszrizling must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a kumulatív hőmérséklet függvényében

Nemes olaszrizling

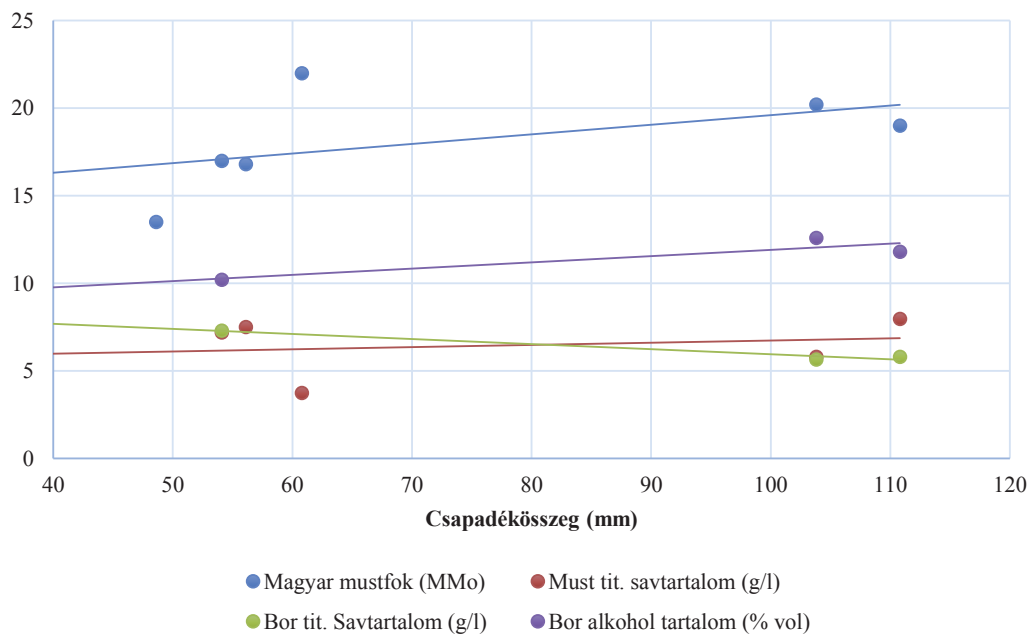
16. ábra: Nemes Olaszrizling must és bor paraméter értékek változása zsendülés és érés között a kumulatív csapadék függvényében

Nemes olaszrizling

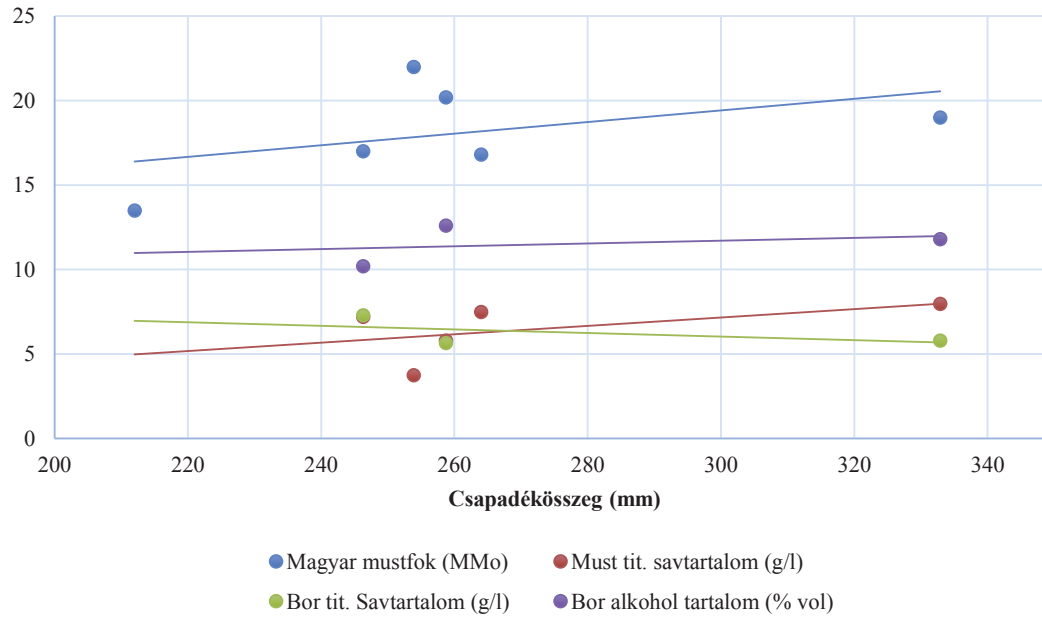
17. ábra: Nemes olaszrizling must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszak során a kumulatív csapadék függvényében

Olaszrizling B. 20

18. ábra: Olaszrizling B. 20 must és bor paraméter értékek változása a teljes tenyészidőszak során a kumulatív hőmérséklet függvényében

Olaszrizling B. 20

19. ábra: Olaszrizling B. 20 must és bor paraméter értékeinek változása zsendülés és érés között a kumulatív csapadék függvényében

Olaszrizling B. 20

20. ábra: Olaszrizling B. 20 must és bor paraméter értékeinek változása a teljes tenyészidőszak során a kumulatív csapadék függvényében