



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 tudományok

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. A kutatás előzményei, célkitűzések

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 az éghajlatváltozás hatását vizsgáltam a hazánk számára stratégiaileg fontos kertészeti, szántóföldi és erdészeti fajokon. Arra kerestem a választ, hogy hogyan reagál néhány kertészeti, szántóföldi és erdészeti növénykultúra a jövőbeli környezeti változásokra.

A melegedő éghajlat jó hatással lehet például a 90-es évektől alig termesztett, de az 50-es években kiemelkedő eredményeket elérő rizs (*Oryza sativa*) számára. A szarvasi kutatóintézet nemesítői szerint is (Simonné, 2007a) érdemes lenne újra hasznosítani a még jó állapotban lévő, rizs termesztésére korábban használt területeket. Az árasztásos hagyományos művelés mellett a növekvő igény kielégítésére előrelépés történt az organikus termesztés területén, és édesvízi akvakultúrák 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 koncentrál, 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 (*Allium cepa*) és fűszerpaprika (*Capsicum annuum*).

Kutatásom célja volt továbbá az adaptációs fordulópontról módszer alkalmazása a hazai szőlő (*Vitis vinifera*) termesztése és bor előállítására

folyamán. Kutatási területként az Egri és a Kunsági borvidéket jelöltem ki. Az időjárási körülmények erősen befolyásolják a szőlő és bor minőségét. A kutatásom során, az időjárás must és bor minőségére gyakorolt hatás megértésére, a helvéciai fajtagyűjteményből származó megfigyelések segítettek.

Az erdészeti növények közül a kocsánytalan 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 klímaforgatókönyv adja. (Torma et al.;2011). Célom a vizsgált növények jövőbeli várható válaszreakcióinak megértése, feltérképezése és leírása volt. Az általam kapott eredmények egy lépéssel közelebb vihetnek minket a szükséges akciótervek kidolgozásához, továbbá lehetséges beavatkozási pontok kijelölésére. Segítséget 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. Anyag és módszer

Az éghajlatváltozás elemzéséhez a RegCM3 regionális klímamodellt használtam. Számításaim során a 10 km²-es felbontást alkalmaztam, illetve az 1961-1990, 2021-2050 és 2071-2100 időszakokat, aminek alapját az ECHAM5 globális modell szolgáltatja (Torma et al., 2011). A kutatásaim során kultúra-specifikus anyag és módszertant alkalmaztam, amit minden egyes növényre alfejezetekben mutatok be röviden.

2.1 A hazai rizstermesztés feltételei

A rizs növényvel kapcsolatos vizsgálatban két helyszínen, Szarvas és Kisújszállás lehetséges forgatókönyvét tanulmányoztam. A rizstermesztés sikere leginkább a tenyészidőszak hőösszegétől függ (Simonné, 2007a). 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 vetést akkor érdemes elkezdeni, 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 kutatásom során a vetésidőt április 20-ára tettem. A vetéstől a virágzásig tartó időszakra kijelöltem a fontos fejlődési stádiumokat (csírázás, 3-4 leveles állapot, bokrosodás, bugáhozás, virágzás) (Chaudhary and Ghildyal, 1970;Yoshida, 1981;Simonné, 1983). Kutatásom során tanulmányoztam a rizs fejlődési ütemét éghajlatváltozás szempontjából. Ipsits (1993) és Kiss (1980) kutatásai alapján az aktív hőösszeg helyett az effektív hőösszeg modellt használtam, amivel pontosabb képet kaphatunk a hazai rizsfajtákra nézve (Simonné, 1983;Ipsits, 1993). A modell +8 °C-os napi átlaghőmérsékletet tekint bázis hőmérsékletnek és az e fölötti értékeket összegzi. A vizsgált

időszakban 767-842 °C hőösszeg volt szükséges a virágzás indukálásához. A virágzástól számítva további 500-600 °C hőösszeg szükséges az optimális betakarítási állapot eléréséhez. A jövőbeli változásokat a RegCM időjárási modell által generált adatok segítségével modelleztem (Turcsán and Erdélyi, 2011).

2.2 A vöröshagyma dughagymás technológiája

Hagyma esetén a megfigyelt terület Makó és Fertőd területére koncentrálódik. Fertőd Makóhoz viszonyítva hidegebb klímája miatt került vizsgálatom célpontjába. A dughagymás technológia alapjai ma is hasonlóak az 1888-as Szőke Mihálytól származó leírásban ismertetett eljáráshoz (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 továbbfejlődése és érése zajlik le, ami betakarítással zárul (Tóth, 1961; Balázs, 1994).

A hőmérséklet fontos szerepet játszik a hagyma szárképzésében. Amennyiben a hagymát hosszantartó hideghatás éri, amit úgynevezett „vernalizációs” hatásnak neveznek, az kiválthatja a mag szár-képződést. A hideghatás modellezésére a RegCM3 modell segítségével Makó és Fertőd átlaghőmérsékletének változását vizsgáltam meg 1961-2100-ig. Az optimális napi átlaghőmérsékletet +12 °C felett, a növény fejlődése számára hideg hőmérsékletet +6 °C alatt határoztam meg irodalmi adatokra támaszkodva (Botost and Füstös, 1987; Balázs, 1994; Szabó, 2002). A vizsgálat során az adatokat március 2-ik dekádjától május 3-ik dekádjáig átfogóan elemeztem. A következő lépésnél a vöröshagyma számára túl magas hőmérsékletekre fókuszáltam. A vegetáció során +19 °C az optimális fejlődési hőigény, ugyanakkor ± 7 °C –os eltérést még elvisel a növény, viszont a +33 °C elérésekor a növény fejlődése már leáll (Balázs,

1994;Szabó, 2002). A RegCM3 modell segítségével kapott időjárás paramétereket vizsgáltam meg, hogy a hagyma fejlődése során hogyan változik a jövőben a forró napok száma. A vizsgálat során a teljes tenyészidőszakot öleltem fel (Turcsán and Erdélyi, 2012).

2.3 A szabadföldi fűszerpaprika termesztési körülményei

A szabadföldi fűszerpaprika termesztésnél az irodalmi adatok alapján a május 15. és szeptember 15. közötti vegetációs időszakot vettem figyelembe (Erdős, 1992). A számításaim alapját a RegCM3 modell által generált időjárás adatok adták. A fűszerpaprika termesztése számára fontos két magyarországi helyszínt, Kalocsát és Szegedet vizsgáltam. A vegetációs időn belül 8 fél havi időszakot határoztam meg, illetve irodalmi adatok alapján (Márkus és Kapitány, 2001) az optimális fejlődéshez szükséges napi középhőmérsékleteket definiáltam egy-egy fejlődési időszakban. Az optimális fejlődési hőmérséklethez képest több napos $\pm 5^{\circ}\text{C}$ -os eltérés fejlődési zavarokat eredményezhet (Márkus és Kapitány, 2001).

2.4 Az adaptációs „turning point” alkalmazása a szőlő termesztés és bor készítés folyamatában

Az éghajlatváltozás a szőlő termesztésre és bor készítésre gyakorolt hatásának elemzésekor az adaptációs „turning point” elméletet alkalmaztam. 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).

2.4.1 A hazai szőlőtermelői helyzetkép megismerésére mélyinterjúk formájában

Szőlővel és borral kapcsolatos kutatásom első lépéseként az ezt meghatározó társadalmi és ökológiai rendszereket és a szereplők érdekeit mértem fel mélyinterjúk formájában. Az interjúalanyok a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, valamint a Növénytermesztési és

Kertészeti Igazgatóságának munkatársai voltak, név szerint Balikó Eszterés Bondor András témavezetők, Pernesz György osztályvezető, valamint Sárkány Judit laborvezető. Az interjúk során négy témakörbe csoportosított 53 kérdést fogalmaztam meg. Az első témakört a demográfiai adatokkal kapcsolatos kérdések alkották, a második témakörben a csapadék, hőmérséklet és növényvédelemmel kapcsolatos kérdésekre fordítottam hangsúlyt. A harmadik kérdéscsoporttal célom a lehetséges határértékek meghatározása volt. Az utolsó részben az állami és EU pályázatokra, valamint támogatásokra és szerepükre fókuszáltam.

2.4.2 A szőlőtermesztés, és bor készítés során meghatározó meteorológiai adatok elemzése

A megfigyelt meteorológiai adatokat a Meteorológiai Intézetkecskeméti állomása biztosította kutatásomhoz a modellezett adatokat pedig a RegCM3 modell biztosította. A számítások során a napi átlag-, maximum-, minimum-, hőmérsékleteket és csapadékot vettem figyelembe.

A kutatásban felhasznált szőlőre és borra vonatkozó adatokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, (korábban Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet) Növénytermesztési és Kertészeti osztálya bocsátotta rendelkezésemre. A megfigyelések a szőlő különböző fenológiai állapotára (rügypattanás, virágzás, érés, szüret), must és szőlő paraméterekre (cukor „magyar mustfok” és sav „g/l” tartalom), valamint bor jellemző paraméterekre (alkohol „% vol”, maradék sav „g/l”) koncentráltak az intézet helvéciai telephelyéről. 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*.

A megfigyelt must és bor paraméterek kapcsolatát vizsgáltam a napi átlaghőmérséklet és csapadék értékekhez viszonyítva. Első lépésként a napi átlaghőmérséklet értékeket bontottam a különböző fejlődési fázisoknak 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 görbe 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 be dolgozatomban.

2.5 A szárazság hatásának mérése kocsánytalan tölgy csemetéken

2.5.1 A növények eredete

Az erdészeti növények vizsgálatát az INBO (Research Institute for Nature and Forest) Geraardsbergeni (Belgium) kutatóállomásán végeztem. A tölgy makkokat 2013 őszén három Belgiumban kijelölt területről gyűjtöttem be. Az első kijelölt erdőterület Klaverbeg (KLA) város közelében van, ahol egy különleges reliktum tölgy állomány található gyenge vízháztartású homokos talajon. A második kijelölt erdőterület a Voeren (VOE) település közelében található, itt egy közel 65-70 éves faállomány van. Az altalaj jellemzően tápanyagban gazdag agyagos erdei talaj, hasonlóan a harmadik vizsgálathoz kijelölt erdőterületéhez (Borgloon, BOR).

2.5.2 Kísérleti elrendezés

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 és 2-2 magot vettem el egy-egy cellába. A kísérlet során általános kertészeti földet használtam. A kísérlet során a növények vízellátását manuálisan biztosítottam és egyéb tápanyag-utánpótlást nem alkalmaztam. A magokat a csirázási téli időszak során fűtetlen üvegházban tartottam. 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. Az elpusztult növények és az egy makkot tartalmazó cellák miatt, hol egy hol két növény volt egy-egy cserépben. A növényeket 2 egyenlő nagyságú csoportra (stressz, kontrol) osztottam.

A tenyészidőszak során egy kora nyári és egy késő nyári száraz időszakot modelleztem a kezelt csoportnál. Az első száraz időszak 2014 május 15-től 2014 július 1-ig tartott. A száraz időszak lezárása után a növényeket egy éjszakára vízbe áztattam. A késő nyári száraz időszak 2014 augusztus 6-tól 2014 okt. 17-ig tartott. A kezelt csoport növényeinek nagy számú elhalása után zártam le a stressz időszakot.

2.5.3 A tölgy kísérlet során elvégzett mérések

A kísérlet során a cserepek tömegét hetente rögzítettem egy egyszerű konyhai mérleg segítségével. A statisztikai számításoknál a stressz hatást közvetve, a tömegcsökkenéssel modelleztem.

Az első száraz időszak során a sztómák állását követtem nyomon porometer (Model AP4, Delta-T Devices, Burwell, Cambridge, UK) segítségével. A növény levelén található sztómák érzékenyen és gyorsan reagálnak a környezeti változásokra, főként a vízhiányra. A növények magasságát háromszor rögzítettem a tenyészidőszak során (2014. július 1., szeptember 4., október 17.). A stressz időszakok során folyamatosan feljegyeztem a levél szélének egyenességét és a levél állását (1-4 skála) erre kidolgozott protokoll segítségével. Továbbá, dokumentáltam a

legmagasabb növény csúcsrügy állapotát 2014. augusztus 28-án. A második száraz időszak végén az elhalt növények számát rögzítettem. A tenyészidőszak végén az őszi lombhullás ütemét vizsgáltam meg. A levélszíneződés vizsgálata szempontjából egy 1-8 pontos értékelési rendszert dolgoztam ki. 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.

2.5.4 Statisztikai számítások

A statisztikai számításokhoz az R 3.1.2 (R development Core Team, Vienna, AT.) statisztikai szoftvert használtam és a következő modelleket alkottam meg a csemeték aszályra adott válaszreakciójának leírására:

- Modell I., a magoncok növekedését leíró modell
- Modell II., a növekedés nagyságát leíró modell
- Modell III., a csúcsrügy fejlődését leíró modell
- Modell IV., a túlélési esélyt leíró modell
- Modell V., a lombhullás ütemét leíró modell

3. Eredmények

3.1 A rizs fejlődésének várható alakulása

A kutatás során kijelölt két helyszínen, Szarvas és Kisújszállás között viszonylag kevés eltérés mutatkozik, ami abból adódik, hogy a két város földrajzilag közel helyezkedik el egymáshoz. Az effektív hő-összegmodell segítségével megállapítható, hogy a modell alapján az időben való folyamatos korábbra való elmozdulás tapasztalható. Például, ha a virágzás ütemét figyeljük meg, közel 3 héttel korábbra tolódás várható. Kimutatható, hogy eltolódás várható a fejlődési állapotokban, továbbá a betakarítási időszak is valószínűsíthetően markánsan lerövidül a század végére. A múlt században elhúzódó betakarítással kellett számolni, sok esetben nem is sikerült megvárni az optimális érési állapotot, mert az időjárás nem volt alkalmas rá. A távoljövőben viszont, számításaim alapján, augusztus közepére szinte a legtöbb ma használt fajta eléri a szükséges érési állapotot a betakarításhoz. Ez után arra a kérdésre kerestem a választ, hogy mennyire érintheti a vetésidőt ugyanez a tendencia, ami a betakarításnál látszik. Azt tapasztaltam, hogy mind a két helyszínen érzékelhető a század vége felé történő enyhe melegedés - vetésidők korábbra tolódása -, viszont a szélsőségek erősödni fognak és némelyik évben már március közepén, sok esetben pedig csak április 2-ik dekádjában prognosztizálható, hogy a talaj hőmérséklete eléri a vetéshez szükséges értéket.

3.2 Éghajlatváltozás hatása a vöröshagyma fejlődésére

Kutatásaim alapján megállapítottam, hogy mind a két helyszínen (Makó, Fertőd) április végétől meleg, +12 °C feletti várható átlaghőmérsékletek jellemzőek. Elmondható, hogy Makón az optimális (amit a +12 °C napi átlaghőmérséklet jellemzi) 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, ahol a közeli és a távoli jövő között nagyobb eltérés tapasztalható, mint a rákövetkező dekádban. Fertődön hasonló tendencia figyelhető meg azzal a különbséggel, hogy a +10-12 °C közötti napok száma március 2-ik és 3-ik dekádjában meghatározó, a távoljövőre és a közeljövőre egyaránt. Az eredmények alapján egyértelműen elmondható hogy felmelegedés valószínűsíthető itt is, ugyanakkor nem olyan mértékű, mint Makón.

Következő lépésben a hő-stresszes napok – amikor a hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 33 °C-ot – számának alakulását vizsgáltam. Makó esetében elmondható, hogy a forró napok már a múltban is jelen voltak, és főként a júliusi hónapban fordultak elő. A közeljövőben a napok eloszlása nem mutat nagy különbséget, ugyanakkor a század végére a modell becslése alapján a meleg napok száma megháromszorozódhat. A júniusi meleg napok száma közel a négyszeresére nő, ugyanakkor júliusban csak kétszeres növekedés mutatható ki, a modell alapján. Fertőd esetében 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.

3.3 Szabadföldi fűszerpaprika és a hőmérséklet kapcsolata

A hőmérséklet változásait a RegCM3 modell segítségével vizsgáltam a két kijelölt területre (Kalocsa, Szeged). A modell alapján elmondható, hogy a közeljövőben és a múltban 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 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 tapasztaltam a távoljövőben. A két vizsgált helyszín közül a Szegedre vonatkozó értékek voltak magasabbak, de a különbség itt sem haladta meg az 1 °C-ot.

3.4 Szőlő termesztés és bor készítés az időjárási körülmények kapcsolata

A mélyinterjúk alapján elmondható, hogy mind a két borvidéken aszály és fagykár figyelhető meg. A termelők mindkét borvidéken az elmúlt években eddig ismeretlen helyzetekkel és károkkal szembesültek a szőlőtermesztés területén. Egerben, 2010-ben peronoszpóra jelentkezett a virágzási ciklusban, ami eddig ismeretlen volt. A kunsági borvidéken 2011-ben extrém fagykár volt, ami a fás részek teljes elfagyásához vezetett. A vizsgált borvidékeken az illatos és rezisztens fajták elterjedése tapasztalható. E fajták azonban fokozott érzékenységet mutatnak aszály és hő stressz szempontjából. Egy-egy különösen meleg évnek ugyanakkor pozitív hatása is lehet. 2011-ben a vörösbor szőlőfajták eddig nem tapasztalt, mediterrán, testes ízekben gazdag évjáratot produkáltak.

A kutatásom során tanulmányozott 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 *Cabernet sauvignon* esetében, amikor egy melegebb szárazabb év magasabb cukor és alkoholtartalmat eredményez.

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. Ugyanakkor a vizsgált *Nemes olaszrizling* és *Olaszrizling*

B20. esetében magasabb hőmérsékleti értékek és aszályos körülmények a tenyészidőszak során, magas cukorfokot és alacsony titrálható savtartalmat eredményeznek. A RegCM3 modell alapján elmondható, hogy a Kunsági borvidéken 2030-as évektől számolni kell a fehérborfajták ezen belül az *Olaszrizling B20.* borkészítés szempontjából kritikus érték (5 g/l must titrálható savtartalom) elérésével. Ugyanakkor az Egri borvidéken csak a 2070-es évektől mutat a modell hasonló folyamatokat. Továbbá elmondható, hogy aszály és forró évek számának növekedésével kell számolni mindkét borvidéken. Az Egri borvidéken 2080-tól éri el a kritikus pontot (évek fele aszályos és forró), azonban a Kunsági borvidéken már a 2030-as évektől számolni kell ezzel a helyzettel.

3.5 Erdészeti növények – kocsánytalan tölgy – vizsgálatának eredményei

Az első száraz időszakban a súlyvesztésen túl a növény sztómáinak vezetőképességét is rögzítettem. A levél sztómáinak 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. A Modell I., alapján elmondhatjuk, hogy a szárazságnak kitett magoncok nagyobb valószínűséggel mutattak hajtásnövekedést a kora nyári időszakban, ugyanakkor a származást tekintve a VOE mutat mind a kezelt és a kezeletlen esetben nagyobb hajlandóságot a növekedésre a másik két eredhez képest. Továbbá az is megállapítható, hogy hatással van rá az egy cserépből fejlődő növények száma, a szárazság hatására nagyobb valószínűséggel mutattak hajtásnövekedést a kettősével ültetett magoncok. A Modell II. rámutat, hogy a hajtásfejlődés nagysága egyenes arányos a növény nagyságával. Minél

nagyobb volt a növény magassága annál nagyobb hajtást fejlesztett. A Modell III. alapján elmondhatjuk, hogy a magasabb növényeknél a stressz csoportnál egyértelműen kevesebb nyugalmi állapotú csúcsrügyet figyelhetünk meg. A VOE eredet mind a két csoportnál (kezelt, kezeletlen) kisebb valószínűséggel mutatott jól kifejtett nyugalmi csúcsrügyet, a másik két eredethez képest.

A Modell IV. rámutat, hogy a túlélést befolyásoló tényezők a növény magassága és a növény/cserép szám voltak, amelyek szignifikánsan függenek a tömegvesztéstől. Tehát a párosával ültetett növények és a szárazság előtti magasabb csemeték túlélési esélye alacsonyabb volt. 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.

A Modell V. alapján elmondható, hogy mind a két vizsgált csoportra a KLA eredetű magoncok mutattak először őszi lombszíneződést, majd VOE, és végül a BOR következett. Ezzel párhuzamosan megfigyelhető, hogy a stressz csoportnál jól láthatóan későbbi lombszíneződést mutat a modell. 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.

4. Következtetések és javaslatok

Vizsgálataim alapján elmondható, hogy a klímaváltozás hatására az átlaghőmérsékletek növekedésével egyre kedvezőbb termesztési feltételekkel számolhatunk a rizs számára. A tenyészidő növekedésével továbbá új, nagyobb termésátlagú fajták nemesítésével és honosításával, a termesztés hatékonysága is növelhető lenne.

Vöröshagyma szempontjából elmondható, hogy a vizsgált területeken lassú melegedés figyelhető meg, és a dughagyma duggatásának egy esetleges korai kitolódása prognosztizálható Makó térségében. 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 hőstresszes napok számának változása alapján is Fertődön. Makón, e napok száma drasztikus növekedést mutat a század végére. A terület további kutatást igényel pontosabb kép kialakítására.

A szabadföldi fűszerpaprikára vonatkozó kutatásom során használt modell alapján nem találtam komoly eltérést Szeged, Kalocsa adottságai 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 jövőben fontos lenne a modell kibővítése további kockázati tényezőkkel (pl.: sugárzás, napégés), ami komplexitása során egységesebb képet adna. Továbbá, fontos lépés a termelőkkel való kapcsolat felvétele.

A szőlő szempontjából 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 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. A klímaváltozás negatív hatásaink kivédésére törekedve fontos szem előtt tartanunk a jól bevált módszereket (takarásos művelés), illetve érdemes újragondolni a tájfajták használatát. A vizsgált fehérborok esetében 2030-as években jelentkeznek komoly must sav értékbeli problémák, ami korai betakarításhoz és minőségbeli problémához vezethet Kunság térségében. Ugyanakkor hasonló helyzet Eger térségében várhatóan csak 2070 környékén jelentkezik. Lehetséges alkalmazkodási stratégiák egyike lehet Eger térségében az eddig viszonylag hűvösebb és magasabban fekvő területek művelésbe vonása a jövőben, az érzékeny fajták számára.

A kocsánytalan tölgy vizsgálata során a kora tavaszi vízhiányt követő optimális fejlődési körülmények hatására erőteljes fejlődés tapasztalható, ami a csúcsrügy nyugalmi állapotának megszűnésével jár. Szárazság hatására nagyobb valószínűséggel mutattak hajtásnövekedést a kettessel ültetett magoncok. Nem találtam meghatározó különbséget a különböző származású magoncok túlélési stratégiájában, ugyanakkor kiindulási növényszámhoz képes a KLA és BOR helyről származó magoncoknál több elpusztult növényt figyeltem meg, mint VOE területről származó magoncoknál. Az ismételt szárazság hatására a magoncoknál az őszi lombhullás kitolódását figyeltem meg. Szükségesnek tartom a kutatás folytatását, eltérő származású magoncok bevonásával. Az alkalmazott vizsgálati módszerek kibővítésével, például faanalitikai elemzésekkel, még átfogóbb képet kaphatunk az erdészeti növények éghajlatváltozásra, aszályos körülményekre való lehetséges alkalmazkodásával kapcsolatban.

5. Új tudományos eredmények

1. Meghatároztam a hazai rizstermesztés (*Oriza sativa*) számára kritikus hőmérsékleti értékeket, majd a klímaváltozást előre jelző (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 lehet számolni a megszokotthoz képest, a betakarítás pedig egy hónappal korábban is elvégezhető lesz a jelenlegi használt fajták alkalmazásával.
2. A hungarikumnak számító vöröshagyma (*Allium cepa*) dughagymás technológiájának jövőbeli, klímaváltozással szembeni érzékenységi vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a regionális klímamodell (RegCM3) alapján az optimális termesztési feltételek északabbra tolódásával kell a jövőben számítani. Továbbá, számolnunk kell a jövőbeli hő-sztresses napok számának növekedésével, a modellem 955 hő-sztresses napot mutat a század végére Makón, ami közel 3 szorosa az eddig tapasztalt értékeknek.
3. A hazai szabadföldi fűszerpaprika (*Capsicum annuum*) jövőbeli termesztési feltételei optimálisak maradnak, ugyanakkor a tavasszal jellemző optimálistól eltérő ingadozások mértéke termés kiesést vonhat maga után. A fűszerpaprika termesztés szempontjából kritikus 5 °C közeli eltérést az optimumhoz képest a május végi és a július eleji időjárási adatoknál találtam a távoljövőben.

4. Tanulmányoztam az időjárás befolyását (átlaghőmérséklet, csapadék) a szőlő és bor beltartalmi értékekre (sav és cukor tartalomra), 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 minőség szempontjából kedvezőbb termesztési feltételekkel számolhatunk a jövőben. Megállapítottam, hogy a jelenlegi technológiával bizonyos években egyes fehér bort adó szőlőfajták must titrálható savtartalma a kritikus 5 g/l érték alá csökken, ami szükségesé teszi a jelenlegi termesztési technológiák átértékelését. Megállapítottam, hogy a Kunsági borvidéken a fehérbor minősége szempontjából komoly kockázattal kell számolni a 2030-as évektől a jelenlegi termesztéstechnológia mellett, az Egri borvidéken ugyanakkor, ezek a problémák csak a 2070-es évektől jelentkezhetnek.

5. A hazai erdészet számára fontos tölgycsemeték (*Quercus petraea*) szárazságra adott válaszreakciójáról statisztikai vizsgálattal megállapítottam, hogy a gyenge kora nyári szárazság hajtásnövekedést indukál, ugyanakkor erőteljesebb növekedést mutató magoncok nagyobb eséllyel nem tudták átvészelni a késő nyári szárazságot. Szárazság hatására a magoncoknál későbbi lombhullás jellemző, ami hozzájárulhat a klímaváltozás által okozott folyamatok megértéséhez. Az egyedül álló növényeknél 18,8 nap későbbi lombelszíneződést tapasztaltunk a szárazságnak kitett növényeknél a kontroll csoporthoz képest. Az eredet tekintetében, a KLA és VOE között 6,7 nap eltérés mutatkozott, a KLA és BOR között pedig 14,7 nap, függetlenül a szárazság hatásától.

6. Felhasznált Irodalom

1. Balázs, S. (1994). *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
2. Botost, G., and Füstös, Z. (1987). *Hagymafélék termesztése*. . Mezőgazda kiadó.
3. Chaudhary, T., and Ghildyal, B. (1970). *Influence of submerged soil temperature regimes on growth, yield, and nutrient composition of rice plant*. Agronomy Journal 62, 281-285.
4. Ipsits, C. (1993). *Esőztető öntözéssel termesztett rizs agronómiai és morfológiai sajátosságainak vizsgálata*. .
5. Rónavári-Kedves, L., and Varga, I. (2013). *Tudásmenedzsment alkalmazásának lehetőségei*. Tudományos évkönyv2, Budapesti Gazdasági Fősikola, 75-81.
6. Simonné, I.K. (2007a). *RE: Szóbeli közlés*.
7. Simonné, K. (1983). *A rizs termesztése*. (Rice Production) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
8. Szabó, I. (2002). *A hagymafélék termesztése*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.
9. Torma, C., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J., and Pongrácz, R. (2011). *Validation of a high-resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian basin*. Journal of Hydrometeorology 12, 84-100.
10. Tóth, F. (1961). *A makói hagyma történetének néhány fejezete*. Makó: Móra Ferenc Múzeum évkönyve.
11. Turcsán, A., and 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), 745-753.
12. Turcsán, A., and 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), 53-61.
13. Werners, S. (2012). *Turning points in climate change adaptation* Global Environmental Change 16, 253-267.
14. Yoshida, S. (1981). *Fundamentals of rice crop science*. Int. Rice Res. Inst.

7. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Impakt faktoros folyóiratcikkek

Vander Mijnsbrugge, K., **Turcsán, A.**, Depypere, L., & Steenackers, M. (2016). Variance, Genetic Control, and Spatial Phenotypic Plasticity of Morphological and Phenological Traits in *Prunus spinosa* and Its Large Fruited Forms (*P. x fruticans*). *Frontiers in Plant Science*, 7. DOI: 10.3389/fpls.2016.01641

IF: 4,49

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5093327/>

Vander Mijnsbrugge, K., **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

IF: 4,49

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4814502/>

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. DOI: 10.3389/fpls.2016.00193

IF: 4,49

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4763100/>

Vander Mijnsbrugge, K., **Turcsán, A.**, Boudewijn, M. Population differentiation and phenotypic plasticity in temperature response of budburst in *Frangula alnus* provenances of different latitude. *Plant Systematics and Evolution*. Wien, (Austria) 2015. DOI: 10.1007/s00606-015-1258-2 (ISSN 0378-2697) IF: 1,42
<http://link.springer.com/article/10.1007/s00606-015-1258-2>

Nemzetközi konferencia (fullpaper)

Turcsán, A., Erdélyi, É. Modelling the Effects of Climate Change on Wine Production for Kunság Region In: Nikola Aleksic (szerk.) *Safe Food*. Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad, 2014. pp. 49-56. (ISBN:9788683177479)

Turcsán, A., Erdélyi, É. Red pepper and bulb vegetables under changing climate in Hungary In: Nikola Aleksic (szerk.) *16th International Eco-Conference, 7th Eco Conference on Safe Food: Climate and production of safe food*. Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad, 2012. pp. 53-61. (ISBN:978-86-83177-46-2)

Petz, K., **Arion Turcsán, Éva** Erdélyi Changing climate affects agroecosystem services, a positive example in Hungary In: Nikola Aleksic (szerk.) *16th International Eco-Conference, 7th Eco Conference on Safe Food: Climate and production of safe food*. Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad, 2012. pp. 63-71. (ISBN:978-86-83177-46-2)

Erdélyi, É., Lőrincz, S., **Turcsán, A.** Correspondence between economic, social and environmental aspects in tourism development. In: Nikola Aleksic (szerk.) Environmental protection of urban and suburban settlements: XVII International Eco-Conference, Novi Sad: Ecological Movement of Novi Sad, pp. 473-482.

**Konferencia kiadványok és elektronikus publikációk
Magyar nyelvű (full paper)**

Turcsán A., Erdélyi É., Werners, S. Éghajlatváltozás, és alkalmazkodási stratégiák keresése a szőlőtermesztésben: egy új módszer bemutatása, Adaptációs "turning point" - hogy is nevezzetek? In: Hamar Farkas (szerk.) Multidiszciplináris kihívások, sokszínű válaszok - 3. kötet: BGF KVIK KÖT tanulmánykötete - 112 p. Kereskedelmi Vendéglátói és Idegenforgalmi Kar, 2014. pp. 94-101. ISBN:978-963-7159-51-0

Magyar nyelvű (abstract)

Petz K., **Turcsán, A.,** Erdélyi, É. A változó klíma új lehetőségeket hozhat a magyarországi rizstermesztésnek. IX. Magyar Biometriai, Biomatematikai és Bioinformatikai Konferencia, Budapesti Corvinus Egyetem, 2011 p. 66. <http://www.biometria.uni-corvinus.hu/2011/index.html>

Turcsán A., Erdélyi É. A rizs fejlődési szakaszainak alakulása a melegedő éghajlat hatására Magyarországon, In: Dr. Lukács Gábor (szerk.) LIII. Georgikon Napok nemzetközi tudományos konferencia, Fenntarthatóság és versenyképesség?, 2011. Keszthely, p. 131. (ISBN 978-963-9639-43-0) http://sandbox.georgikon.hu/napok-old/upload/data/2011GeorgikonNapok_abstractbook.pdf