



A KLÍMAVÁLTOZÁSRA ADOTT EGYES NÖVÉNYI VÁLASZADÁSOK MATEMATIKAI-STATISZTIKAI MODELLEZÉSE

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Mesterházy Ildikó

Budapest

2022

A doktori iskola

megnevezése: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola

tudományága: agrár-műszaki

vezetője: Dr. Bozó László
egyetemi tanár, DSc, MHAS
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Környezettudományi Intézet
Vízgazdálkodási és Klímaadaptációs Tanszék

Témavezetők: Dr. Bozó László
egyetemi tanár, DSc, MHAS
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Környezettudományi Intézet
Vízgazdálkodási és Klímaadaptációs Tanszék

Dr. Ladányi Márta
egyetemi docens, PhD habil.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Matematika és Természettudományi Alapok Intézet
Alkalmazott Statisztika Tanszék

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

1. Bevezetés és célkitűzések

A mindenkori éghajlati és időjárási viszonyok jelentős hatással vannak a mezőgazdasági termelés mennyiségére és minőségére egyaránt. Ezért az elmúlt évtizedek tapasztalatainak szakszerű elemzése és a jövőbeli lehetséges változások megismerése kiemelkedő jelentőségű. Munkám során kiemelkedő szerepet kapott a vegetációs időszak, illetve a virágzás bekövetkezési időpontjának hőmérsékleti adatok alapján történő becslése.

Kutatásom egyik fő célja volt klímamodelladatok alapján a magyarországi szőlőtermesztésre indikátoranalízist és szélsőséges hőmérsékleti, illetve csapadékesemények gyakorisági vizsgálatát elvégezni. Az elmúlt években tapasztalt és a jövőben várható klímaváltozás hatására a tartósan 10 °C feletti időszak, azaz a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs időszak, annak kezdete, vége és hossza jelentősen módosulhat. Emiatt az április 1. – szeptember 30. vagy április 1. – október 30. közötti időszakra, azaz a XX. századi megfigyelések alapján definiált vegetációs időszakra vonatkozó számítások helyett célul tűztem ki a klimatikus indikátorokat és az extrém eseményekre vonatkozó mérőszámokat éves szinten a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs időszakra kiszámítani. E részfeladat kapcsán kilenc (többnyire saját magam által definiált) módszer közül választottam ki a referenciamódszerhez legjobban illeszkedő két vegetációsidőszak-számítási módszert, melynek eredményei alapján végeztem el az indikátoranalízist és az extrém események előfordulásainak térbeli-időbeli statisztikai elemzését.

Munkám másik célja volt a Chuine-féle Egységes Modell adaptálása magyarországi kajszi adatsorokra. Ennek a folyamat-alapú fenológiai modellnek a segítségével a mélynyugalmi hidegakkumuláció és a kényszernyugalmi hőgyűjtés együttes hatását figyelembe véve becsülni lehet különböző fás vegetáció rügyfakadási vagy virágzási idejét. Munkám során három kajszifajta virágzási adatsorára illesztettem a modellt. A modell paramétereinek becslésére a Szimulált Hűtés módszerét használtam.

2. Anyag és módszerek

2.1. Indikátoranalízis, tanulmány a szőlő (*Vitis vinifera* L. syn: *Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) növényre alkalmazva

A szőlőtermesztési indikátoranalízishez, valamint a hőmérsékleti és a csapadékextrémumok vizsgálatához három regionális klímamodell napi minimum-, maximum- és átlaghőmérsékleti, valamint napi csapadékösszeg-outputjait használtam: az európai ENSEMBLES project (van der Linden és Mitchell, 2009) keretén belül előállított RegCM (Giorgi et al., 1993a,b) és ALADIN (Déqué et al., 1998) regionális klímamodellek, valamint a UK Met Office Hadley Centre for

Climate Prediction and Research által fejlesztett PRECIS modell (Wilson *et al.*, 2007) alapján. Ezeket a modelleket a Kárpát-medencére adaptálták (Piecza, 2012) és percentilis-alapú hibakorrekciónal (Formayer és Haas, 2010) módosították szimulált napi adatok (Haylock *et al.*, 2008) alapján. Ezek a regionális klímamodell futtatások 25 km horizontális felbontásúak. Az adatok sík felszínre vonatkoznak, vagyis az eredmények nem veszik figyelembe a lejtőkitettségből származó többletsugárzást. Számításaimat Magyarország területére (összesen 228 rácspontra) és három harmincéves időszakra (1961–1990 mint referenciaidőszakra; 2021–2050; 2071–2100¹) végeztem.

Munkám során kilenc vegetációsidőszak-számítási módszer közül választottam ki azt a két módszert, amely a klímakutatói gyakorlatban elterjedten használt referenciamódszert az átlagos négyzetes hiba gyöke (RMSE) alapján a legjobban közelítette. A referenciamódszer adott harmincéves napi átlaghőmérsékleti adatsorból állít elő egy átlagos egy év hosszúságú napi átlaghőmérsékleti adatsort, melyet mozgóátlagolással simít (Ambrózy *et al.*, 2002). A vegetációs időszak kezdete és vége az az első, illetve utolsó napja ennek a simított adatsornak, amikor az átlaghőmérséklet legalább 10 °C. Ehhez az alábbi kilenc módszer eredményeit hasonlítottam: '3', '5', '3mid', '5mid', 'MA3', 'MA5', 'MA3mid', 'MA5mid', 'int'. A vegetációs időszak kezdetének azt az első három- vagy ötnapos időszak első („”) vagy középső („mid”) napját vettem, amikor az eredeti („”) vagy a simított („MA”) hőmérsékleti adatsor minden nap legalább 10°C volt. A vegetációs időszak végének meghatározására hasonló módszereket használtam. Az interpolációs ('int'; Csepregi, 1997) módszer lényege, hogy a március és április havi, illetve a szeptember és október havi átlaghőmérsékletekkel súlyozott adatsor alapján állapítható meg a vegetációs időszak kezdete, illetve vége.

A két legjobbnak ítélt hőmérséklet-alapú vegetációsidőszak-számítási módszerrel ('5mid' és 'int') meghatároztam négy indikátor és hat hőmérsékleti, illetve csapadékextrémítás térbeli és időbeli változását Magyarországra az 1951–2100 időszakra:

- módosított Winkler-index,
- módosított Huglin-féle heliotermikus index,
- módosított hidrotermikus koefficiens,
- vegetációs időszakos csapadékösszeg,
- a leghosszabb egybefüggő csapadékos időszak hossza a vegetációs időszak során,
- a leghosszabb egybefüggő száraz időszak a vegetációs időszak során,

¹ PRECIS modell rövidebb szimulációs hossza miatt az indikátorokat és extrém indexeket az 2069–2098 időszakra számítottam ki.

- azon évek száma, amikor volt 35 °C feletti napi maximum hőmérséklet,
- -1 °C alatti minimum hőmérsékletek száma a vegetációs időszak első felében,
- -17 °C és -21 °C alatti minimum hőmérsékletek száma a nyugalmi időszak során.

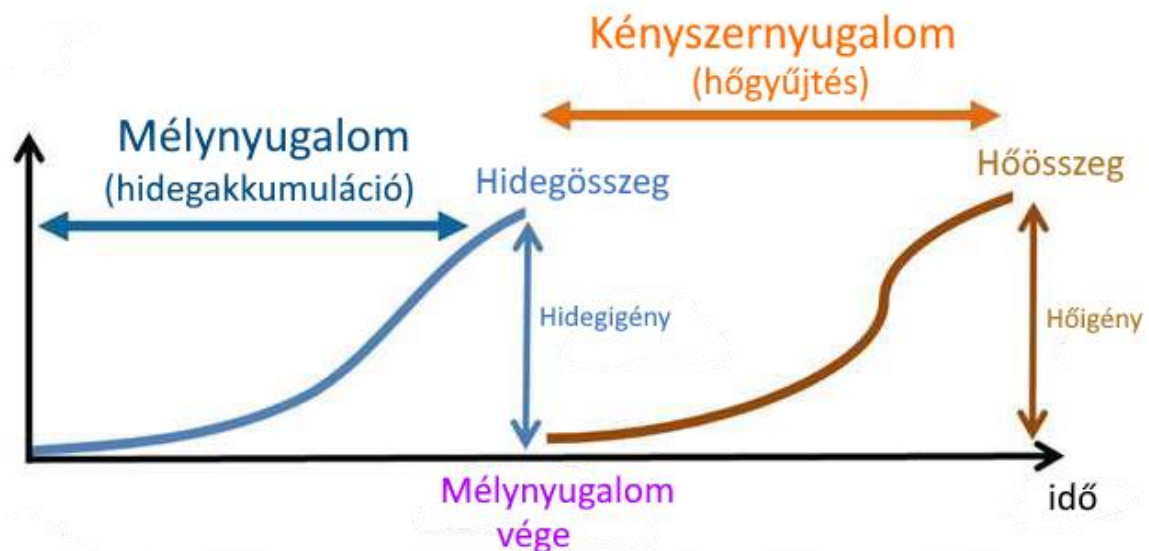
A statisztikai vizsgálat során egytényezős teljes véletlen varianciaanalízist (ANOVA-t), valamint Bonferroni-korrekciónak használtam.

2.2. A virágzási idő modell-alapú becslése kajsz (Prunus armeniaca L.) növényre alkalmazva

A virágzási idő becsléséhez három Magyarországon széles körben termesztett kajszifajta ('Ceglédi bíborkajsz', 'Gönci magyar kajsz', 'Rózsakajsz C.1406') fűzérállapotára és virágzási idejére vonatkozó megfigyelési adatsort használtam. Az adatok a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem jogelődeinek tulajdonában álló Kísérleti Üzem és Tangazdaságban, a Gyümölcstermesztési Tanszék és annak jogelődeinek gondozásában telepített szigetcsépi, illetve soroksári ültetvényében felvételezték 1994–2020 között.

Az 1994–2020 közötti időszakra vonatkozó mért napi átlaghőmérsékleti adatsor az Országos Meteorológiai Szolgálat Marczell György Főobszervatórium mérőállomásáról származott.

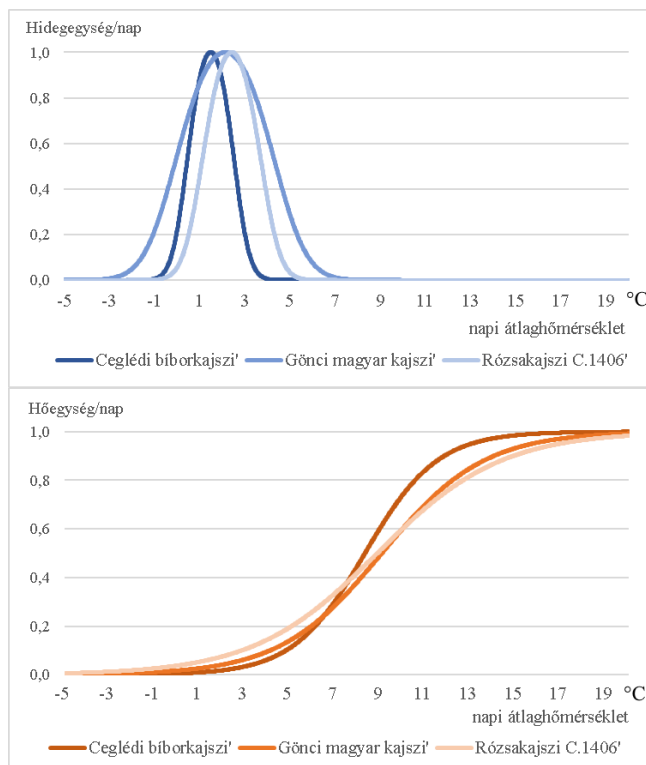
A Chuine (2000) által bevezetett, elsősorban erdészeti fákra kifejlesztett, de nemzetközi kutatásokban gyümölcsfákra is alkalmazott Egységes Modell² (UM) két különböző függvényt alkalmaz (1. ábra) a mélynyugalmi hidegakkumuláció, illetve a kényszernyugalmi hőgyűjtés meghatározására.



1. ábra: A mélynyugalmi hidegakkumuláció és a kényszernyugalmi hőgyűjtés sematikus ábrája (Campoy et al., 2020 alapján).

² Angolul: Unified Model.

Az Egységes Modell a mélynyugalmi hidegakkumuláció napi hőmérsékletfüggését egy haranggörbével (2a. ábra), míg a kényszernyugalmi hőgyűjtés napi hőmérsékletfüggését egy szigmoid görbével (2b. ábra) írja le. A haranggörbe maximumhelye az optimális hideghatást fejezi ki °C-ban. A kényszernyugalmi hőgyűjtést leíró függvény azt fejezi ki, hogy a növekvő hőmérséklet a virágzás bekövetkeztére gyorsítólag hat. A görbék paramétereit optimalizálással határozhatjuk meg. A modell azt is jól írja le, hogy több begyűjtött teljes mélynyugalmi hidegösszeg esetén kevesebb a virágzáshoz szükséges kényszernyugalmi hőigény.



2. ábra: A mélynyugalmi hidegakkumuláció (a; fent) és a kényszernyugalmi hőgyűjtés (b; lent) során alkalmazott függvények sematikus ábrája a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Rózsakajszi C.1406' esetében.

3. Eredmények

3.1. Indikátoranalízis, tanulmány a szőlő (*Vitis vinifera* L. syn: *Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) növényre alkalmazva

Az indikátoranalízist, illetve annak statisztikai eredményeit dolgozatomban 11 részletes táblázatban és 23 térbeli-időbeli változásokat bemutató ábrán (térképen) szemléltettem, valamint a mellékletekben további 8 táblázatban és 20 ábrán egészítettem ki azokat.

3.2. A virágzási idő modell-alapú becslése kajszi (*Prunus armeniaca*, L.) növényre alkalmazva

A rendelkezésemre álló adatok segítségével adaptáltam a Chuine-féle Egységes Modellt. Az eredetileg kilencparaméteres modellt két egyszerűsítéssel hatparaméteressé tettem, ezzel

megkönnyítve a paraméterek becslését. A paraméterek optimalizálására a Szimulált Hűtés módszerét (Press, 2007; Weise, 2009) alkalmaztam, ami jól kezeli a több lokális szélsőértéket is tartalmazó globális optimumkereső problémákat (1. táblázat).

1. táblázat: A legfontosabb optimális paraméterek és a becslések hibája (RMSE) a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Rózsakajszi C.1406' esetében.

	'Ceglédi bíborkajszi'	'Gönci magyar kajszi'	'Rózsakajszi C.1406'
Optimális hideghatás hőmérséklete (°C)	1,50	2,13	2,42
A szigmoid görbe inflexió pontja (°C)	8,30	9,04	8,84
A hőgyűjtés sebességi tényezője	-0,0072	-0,0083	-0,0086
RMSE (hiba, nap)	2,37	2,10	1,49

A hőgyűjtés sebességi tényezőjét a szakirodalmi adatokkal összevetve megállapítottam, hogy a mélynyugalmi hidegakkumuláció hatása a kényszernyugalmi hőgyűjtésre kifejezettebben érvényesül a vizsgált területen nevelt kajszi fajták esetében.

4. Következtetések

4.1. Indikátoranalízis, tanulmány a szőlő (*Vitis vinifera*, L. syn: *Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) növényre alkalmazva

Vizsgálataim kimutatták, hogy a regionális éghajlatváltozás jelentős hatással lehet a Magyarországi szőlőtermesztésre. A XXI. század során lehetőség nyílhat hosszabb vegetációs időszakokkal rendelkező fajták, illetve nagyobb hőigényű, vörösbort adó fajták szélesebb körű telepítésére. A nyugalmi időszaki fagykárak jelentős csökkenésére lehet számítani, ám az enyhe telek hatására csökkenni fog a rügyek fagyállósága és nő a kórokozók túlélési esélye, ami kockázatot jelenthet a termesztésben. Emellett a vegetációs időszaki extrém magas hőmérsékletek és hosszú száraz időszakok szintén komoly kockázattal járhatnak a XXI. század során. Összességében elmondható, hogy a továbbiakban is lehetőség lesz a minőségi szőlőtermesztésre Magyarországon, de a fajtaösszetétel és művelésmód átalakítása szükségessé válhat.

4.2. A virágzási idő modell-alapú becslése kajszi (*Prunus armeniaca*, L.) növényre alkalmazva

A Chuine-féle Egységes Modellre vonatkozó eredményeim az elkövetkező években lehetőség nyílhat a vizsgált területen a virágzási idő, a szakirodalmi adatokhoz képes, pontosabb becslésére, mellyel hatékonyá válhat a fagyveszélyes állapotokra való felkészülés. A magyarországi kajszi közeli virágzási ideje, valamint a kajszi termő területek hasonló klimatikus adottságai alapján eredményeim könnyen adaptálhatók más magyarországi fajtákra és régiókra.

5. Tézisek

Kutatásom eredményei az alábbi tézispontokban foglalhatók össze:

1. **A szőlő (*Vitis vinifera* L. syn: *Vitis vinifera* L. ssp. *sativa*) vegetációs időszakának meghatározására több új módszert javasoltam, melyek rugalmasságuk miatt a klímaváltozás hatásainak (pl. indikátor-alapú) vizsgálatára alkalmasabbak.**

Az évtizedes, naptár-alapú módszer helyett az általam bevezetett hőmérséklet-alapú '5mid' és az 'int' (interpolációs) módszer adta az átlagos négyzetes hiba gyöke alapján a legjobb becslését a referenciamódszernek.

2. **Az általam kifejlesztett '5mid' módszerrel a XXI. században a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs időszak változására statisztikailag szignifikáns megállapításokat tettem.**

A tartósan 10 °C feletti időszak szignifikáns ($p < 0,05$) hosszabbodása (38–48 nap) várható a XXI. század során, mely átlagosan 19–20 nappal korábbi kezdettel és átlagosan 18–27 nappal későbbi befejeződéssel járhat. Ez azt jelenti, hogy lehetőség nyílhat hosszabb vegetációs időszakokkal rendelkező fajták telepítésére és gazdaságos termesztésére.

3. **Meghatároztam az 'int' (interpolációs) módszer alkalmazhatósági korlátait.**

Ha a márciusi és áprilisi átlaghőmérsékletek nagyon közeli értékűek és az áprilisi átlaghőmérséklet jóval kisebb, mint 10 °C, akkor az interpolációs módszer hibás eredményt ad. Ugyanígy nem használható a módszer, ha a szeptember és október havi átlaghőmérsékletek nagyon közeli értékűek és az október havi átlaghőmérséklet jóval nagyobb, mint 10 °C.

4. **Az indikátoranalízist és az extrém időjárási események bekövetkezési valószínűségét statisztikailag vizsgálva a szőlő jövőbeli termesztési kockázatára vonatkozó megállapításokat tettem.**

- A hőösszeg-indikátorok (a módosított Winkler-index és a módosított Huglin-féle heliotermikus index) szignifikáns ($p < 0,05$) emelkedését mutattam meg a XXI. század során, ami miatt a nagyobb hőigényű, vörösbort adó fajták szélesebb körű telepítésére nyílhat lehetőség.
- Azon évek számának, amikor volt 35 °C feletti napi maximum hőmérséklet, illetve a vegetációs időszak csapadékhiányos időszakok (amikor a napi csapadékmennyiség kisebb, mint 1 mm) hosszának szignifikáns növekedését állapítottam meg a XXI. század során, ami komoly kockázati tényezőként jelenhet meg a termesztésben.
- A nyugalmi időszaki extrém alacsony minimum hőmérsékletű események ritkábbá válását mutattam meg, ami a kevesebb fagykár miatt pozitív hatással lehet a termesztésre.

- Az enyhébb telek a rügyek fagyállóságát csökkentik és a kórokozók túlélési esélyeit növelik, ami kockázatot jelent a termesztésben.
5. **A Chuine-féle Egységes Modellt három magyarországi kajszifajtára ('Ceglédi bíborkajszí', 'Gönci magyar kajszí' és 'Rózsakajszí C.1406') adaptáltam, s ezzel a virágzási időt 2,5 napnál kisebb hibával becsültem.**
 6. **A Chuine-féle Egységes Modell becsülendő paramétereinek számát kilencről hatra csökkentve hatékonyabbá tettem a paraméterek becslését.**
 Az adaptálás során megállapítottam, hogy a három magyarországi kajszifajtára alkalmazott paramétercsökkentett Chuine-féle Egységes Modell két kényszernyugalmi hőgyűjtési paramétere összefügg, ezért az egyik paraméter rögzítését javasoltam a további számítások előtt.
 7. **A Szimulált Hűtés módszerével meghatároztam három magyarországi kajszifajta huszonhat éves virágzási adatsora alapján a paramétercsökkentett Chuine-féle Egységes Modell paramétereinek fajtaspecifikus lokális optimumát és a globális optimum paramétervektort.**
 A globális optimum paramétervektor alapján fajtánként meghatároztam a mélynyugalmi hidegakkumuláció és a kényszernyugalmi hőgyűjtés napi hőmérsékletfüggését és évenkénti menetét, valamint a mélynyugalom megszűnéséhez szükséges kritikus hidegösszeget és a virágzáshoz szükséges kritikus hőösszeget.
 8. **A hőgyűjtés sebességi tényezőjét a szakirodalmi adatokkal összevetve megállapítottam, hogy a mélynyugalmi hidegakkumuláció hatása a kényszernyugalmi hőgyűjtésre kifejezettebben érvényesül a vizsgált területen nevelt kajszifajták esetében.**

Irodalomjegyzék

- Ambrózy P., Bartholy J., Bozó L., Hunkár M.K., Bihari Z., Mika J., Németh P.R., Paál A., Szalai S., Kövér Zs., Tóth Z., Wantuch F., Zoboki J., 2002: Magyarország éghajlati atlasza. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 107p.
- Campoy, J.A., Audergon, J.M., Ruiz, D., 2020: Genomic designing for new climate-resilient apricot varieties in a warming context. In: Kole, C. (szerk.): Genomic Designing of Climate-Smart Fruit Crops. Springer Nature Switzerland AG., pp. 73–90.
- Chaine I., 2000: A Unified Model for Budburst of Trees. *Journal of Theoretical Biology*. Vol. 207 No. 3, pp. 337–347.
- Csepregi P., 1997: Szőlőtermesztési ismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 442p.
- Déqué, M., Marquet, P., Jones, R.G., 1998: Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model. *Clim. Dynam.* 14, pp. 173–189.
- Formayer, H., Haas, P., 2010: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project). 11p.
- Giorgi, F., Marinucci, M.R., Bates, G.T., 1993a: Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part I: Boundary layer and radiative transfer processes. *Mon. Weather Rev.* 121, pp. 2794–2813.
- Giorgi, F., Marinucci, M.R., Bates, G.T., DeCanio, G., 1993b: Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Mon. Weather Rev.* 121, pp. 2814–2832.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008: A European daily high resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, pp. 1–12.
- van der Linden, P. and Mitchell, J.F.B. (szerk.), 2009: ENSEMBLES: Climate Change and Its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. UK Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 160p.
- Pieczka, I., 2012: A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati scenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamoddell felhasználásával. Ph.D. értekezés. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 95p.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P., 2007: Numerical recipes 3rd Edition. The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, 1235p.
- Weise, T., 2009: Global Optimization Algorithms – Theory and Application – második kiadás, elektronikus könyv: <http://www.it-weise.de/projects/book.pdf> (2009.06.26), pp. 263–267.
- Wilson, S., Hassell, D., Hein, D., Jones, R., Taylor, R., 2007: Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system, PRECIS. Version 1.5.1. UK Met Office Hadley Centre, Exeter. 157p.

Az értekezés témakörében készült publikációk

Lektorált cikkek:

Mesterházy I., Mészáros R., Pongrácz R., Bodor P., Ladányi M., 2018: The analysis of climatic indicators using different growing season calculation methods – an application to grapevine grown in Hungary. *Időjárás* Vol. 122 No.3 pp. 217–235.

Mesterházy I., Mészáros R., Pongrácz R., 2014: The Effects of Climate Change on Grape production in Hungary. *Időjárás* Vol. 118 No.3 pp. 193–206.

További közlemények:

Füzi T., Mesterházy I., Bozó L., Ladányi M., 2018: Az évi csapadékeloszlás változásának elemzése indikátoranalízissel a Soproni Borvidékre vonatkozóan az 1957-2016-os időszakban rögzített napi adatok alapján. *Légkör* Vol. 63 No. 2 pp. 92-95.

Mesterházy I., Pongrácz R., Ladányi M., 2015: A vegetációs időszak számításának módszerei. *Agrofórum* 2015. (26. évf.) Extra 61.sz. pp. 40–41.

Mesterházy I., Pongrácz R., Köbölkuti Z. A., Ladányi M., 2016: Módosított vegetációs időszak-számítási módszerrel korrigált szőlőtermesztési indikátorok várható változása Magyarországon (1951-2100). III. Erdélyi Kertész és Tájépítész Konferencia (Marosvásárhely; 2015. 05. 15-16.). *Múzeumi Füzetek - Acta Scientiarum Transylvanica - Agronomia* 21-22/2 Erdélyi Múzeum - Egyesület, Kolozsvár pp. 75-88.

Mesterházy I., Pongrácz R., Ladányi M., 2015: A vegetációs időszak számításának módszerei az 1951-2100 modellezett időszakban. VII. Szőlő és Klíma Konferencia. Kőszeg, 2015. 04. 18. pp. 83-89.

Mesterházy I., Ladányi M., Mészáros R., Pongrácz R., 2014: Agroklimatológiai kockázati tényezők a magyarországi szőlőtermesztésben a XXI. század során. *Meteorológia TDK Nyári iskola, Szigliget* 2014. 08. 26-28., *ELTE Egyetemi Meteorológiai Füzetek* No.25. pp. 102–109.

Mesterházy, I., Ladányi, M., Mészáros, R., Pongrácz, R., 2014.: A magyarországi szőlőtermesztés éghajlati adottságainak változása a 1951-2100 között három regionális klímamodell alapján. *Tavaszi Szél Konferencia Földtudományi szekció, Debrecen*, 2014. 03. 21-23. pp. 220-232.

Mesterházy, I., 2013: Magyarország agroklimatológiai adottságainak várható változása a XXI. században. *PEME VII. PhD Konferenciájának kiadványa*, Budapest, 2013.10.11., pp.183-193.

Mesterházy, I., Mészáros, R., 2012: Magyarország szőlőtermesztésére ható éghajlati adottságok várható változásainak elemzése. 4. Szőlő és Klíma Konferencia, Kőszeg 2012. 04. 21. pp. 94-106.

Mesterházy, I., 2013: A magyarországi szőlőtermesztés éghajlati adottságainak várható változása. *ELTE, Diplomadolgozat*, 66p.

Mesterházy, I., 2012: A szőlőtermesztés klimatikus feltételeinek várható változása a XXI. században Magyarországon. 41p. (XXXI. OTDK)

Mesterházy, I., 2012: A szőlőtermesztés éghajlati adottságainak várható alakulása a Kárpát-medencében. 32p. (XIII. OFKD)

Mesterházy, I., 2011: A móri borvidék éghajlati adottságainak elemzése. *ELTE, Szakdolgozat*, 47p.