

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Szügyiné Bartha Krisztina

Gödöllő

2022



MAGYAR AGRÁR ÉS- ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**HAZAI TERMESZTÉSŰ DIÓFAJTÁK FAGYTŰRÉSE KLÍMAKAMRÁS ÉS
BIOKÉMIAI VIZSGÁLATOK ALAPJÁN**

DOI: 10.54598/007000

SZÜGYINÉ BARTHA KRISZTINA

GÖDÖLLŐ

2022

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, tanszékvezető, az MTA doktora
MATE Kertészettudományi Intézet
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezető(k): Stefanovitsné Dr. habil. Bányai Éva, DSc
professor emerita
MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Dr. habil. Bujdosó Géza
tudományos tanácsadó
MATE Gyümölcsstermesztési Kutató Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

„Aki diófát ültet, bízik a jövőben”, mondták régen. Mindennapi táplálkozásunkban kiemelt helyet foglal el a dió, annak ellenére, hogy a többi gyümölcsfajhoz képest kevesebbet fogyasztunk belőle.

A dió-, a mai kor igényeinek megfelelően az egészséges életmódra törekvő fogyasztók hasznos táplálékkiegészítőjének számít. Érdemes napi szinten beiktatni a dióbél fogyasztását az étrendbe, mivel ezzel bizonyítottan tehetünk egészségünk védelmében és igazoltan számos krónikus megbetegedés megelőzéséért.

A dióbél jelentős fehérje, omega-3 zsírsav tartalma mellett B1-, B2-, B6-, C-, és E-vitaminokban, valamint ásványi elemekben igen gazdag. Ásványi elemei között a nagyobb mennyiségben előforduló magnézium, vas, réz, cink és mangán tartalma nagymértékben hozzájárul a szervezet életfolyamataiban résztvevő enzimek zavartalan működéséhez.

A másodlagos anyagcseretermékei közül a polifenolos vegyületeinek, a vele összefüggésbe hozható nagy antioxidáns/redukáló tulajdonságának köszönhetően fogyasztásával hatékonyan hozzájárulhatunk a szervezet hosszú távú egészségmegőrzéséhez, az immunrendszer erősítéséhez.

A világot érintő klímaváltozás befolyásolja a termesztett növények termésmennyiségét és minőségét. Az utóbbi években a klimatikus szélsőségek előfordulásának gyakorisága növekszik. A Kárpát-medencében leggyakrabban fellépő és problémát jelentő időjárási szélsőségek az alacsony vagy magas hőmérséklet és a csapadék eloszlása. A biztonságos növénytermesztés egyik feltétele a növények abiotikus stressztűrése (Veisz, 2005).

A dió (*Juglans regia* L.) gyenge ökológiai adaptációs képességgel rendelkezik.

A termesztés szempontjából kulcsfontosságú a megfelelő terület kiválasztása, az optimális termésbiztonság elérése érdekében. A diófajták honosítása ezért sok esetben problémába ütközik, hiszen hiába a nagy terméshozam, ha a magyarországi klímához nem tud megfelelően alkalmazkodni a fajta. Hazánk időjárásának sarkalatos pontja a kora tavaszi fagyok gyakorisága. Elsődleges szempont tehát a diófajták esetében a kései fakadási idő. Ezen probléma miatt célul tűztem ki, hogy Magyarországon elsőként megvizsgáljam a dió fagyűrését. Több csonthéjas faj esetében már évek óta végeznek hasonló jellegű vizsgálatokat, melyek eredményei alapján az újonnan telepítendő terület adottságait ismerve, olyan fajtákat lehet ajánlani, amelyek biztonsággal termesztethők.

Ezen elképzeléseink kapcsán a fagyűréssel kapcsolatos ismereteket olyan biokémiai paraméterekben történő változásokon keresztül szeretnénk nyomon követni, amelyek valamilyen módon összefüggésbe hozhatók a dió fagyűrésével. Olyan módszerek kiválasztását céloztuk meg, amelyek könnyen, gyorsan, olcsón kivitelezhetők a legegyszerűbb felszereltséggel bíró, a termesztéshez kapcsolódó vizsgálatokat végző laboratóriumokban. Választásunk ezért esett a fagykár mértékét meghatározó mérések mellett a spektrofotometriás mérésekre, mint a biokémiai paraméterek jellemzésére így a peroxidáz enzim aktivitásmérésére, az összes polifenol tartalom és a redukáló kapacitás méréseire.

- Céljaink megvalósításhoz a következő feladatok elvégzését tűztük ki célul:
 - dió fajták fagyűrési vizsgálatainak elvégzése, klímakamrás kísérletben kialakuló rügyekben mérhető fagykár alapján, azok időjárási paraméterekkel történő kapcsolatba hozása.

- a kísérletbe vont résztvevő fajták rügyeiben végbemenő peroxidáz enzim, aktivitásbeli változásainak vizsgálata, annak eldöntésére, hogy a módszer alkalmas lehet-e a további kísérletek elvégzésére.
- pozitív visszajelzés után öt fajta – kettő a termesztésben legnagyobb arányban használt fajta, egy érzékeny és egy fagytűrő hibrid, valamint egy külföldi fajta után a peroxidáz enzimaktivitás mérése a rügyekben, a háncsban, a levelekben, a vesszőben, különböző fenológiai fázisban.
- a másodlagos anyagcserefolyamatok révén, a növények saját védelmi rendszerében termelődő összes polifenolos komponens mennyiségének meghatározása a növény különböző részeiből, különböző módon (FRAP, TPC) történő kivonás eredményeként.
- A biokémiai eredmények alapján célul tűztük ki az összefüggések feltárását az egyes vizsgált paraméterek között és a fagytűrési vizsgálatok eredményeivel, valamint az időjárási paraméterekkel.
- Végezetül a kapott eredmények statisztikai kiértékelése után magyarázat keresése, következtetések levonása, javaslat tétel a módszerek használhatóságára.

Méréseink hiánypótlóak, mivel a miénkhez hasonló vizsgálatokat dió esetében itthon még nem végeztek.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgálat fajták

A vizsgálatba bevont fajták az 1. táblázatban szerepelnek. A táblázat azt is jelöli, hogy melyik fajta melyik vizsgálatban szerepelt.

1. táblázat A vizsgált fajták

Fajtanév	Rövidített jelölés	Mesterséges fagyasztás (Lengyeltóti)	Előkísérlet 2015. (POD) (Lengyeltóti)	Kísérletek 2016. (POD,TPC,FRAP) (Érd- Elvira major)
'Alsószentiváni 117'	A117	*	*	*
'Bonifác'	A117-15		*	
'Alsószentiváni kései'	A117-31	*	*	*
'Milotai 10'	M10	*	*	*
'Milotai bőtermő'	M10-9	*	*	
'Milotai kései'	M10-14	*	*	
'Milotai intenzív'	M10-37	*	*	*
'Tiszacsécsi 83'	T83	*	*	
'Chandler'	CH		*	
'Fernor'	FE		*	
'Pedro'	P	*	*	*

A 2013 októberétől 2017 januárjáig – több növényi rész felhasználásával és különböző vizsgálatokkal – folytatott kísérleteink igen szerteágazóak voltak. A fagyútúréssel kapcsolatos vizsgálatokat, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Karának Gyümölcsstermő Növények Tanszékén, az analitikai vizsgálatokat az Élelmiszertudományi Karon az Alkalmazott Kémia Tanszéken végeztük.

A vizsgálati időpontokat és a vizsgálati típusokat a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat A vizsgált fajták gyűjtési ideje, a vizsgált növényi részek és a vizsgálati módszerek (2013 október- 2017. január; Lengyeltóti, Érd- Elvira major)

VIZSGÁLAT JELÖLÉSE AZ EREDMÉNYEK FEJEZETBEN	VIZSGÁLAT IDŐPONTJA, NÖVÉNY ANYAG SZÁRMAZÁSA	FAJTÁK	NÖVÉNYI RÉSZ	MÉRÉS
A	2013. október- 2014. március; Lengyeltóti	Milotai 10, Milotai bőtermő, Milotai kései, Milotai intenzív, Tiszacsécsi 83, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro, Fernor	vessző	fagytűrés
B	2014. október- 2015. március; Lengyeltóti	Milotai 10, Milotai bőtermő, Milotai kései, Milotai intenzív, Tiszacsécsi 83, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro	vessző	fagytűrés
C	2015. október- 2016. március; Lengyeltóti	Milotai 10, Milotai bőtermő, Milotai kései, Milotai intenzív, Tiszacsécsi 83, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro	vessző	fagytűrés
D	2015. február- március; Lengyeltóti	Milotai 10, Milotai bőtermő, Milotai kései, Milotai intenzív, Tiszacsécsi 83, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro, Fernor	rügy	POD
E	2015. szeptember; Érd- Elvira major	Milotai 10, Milotai bőtermő, Milotai kései, Milotai intenzív, Tiszacsécsi 83, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Bonifác, Pedro, Fernor	levél	POD
F	2015. szeptember- 2016. március Érd, Elvira major		háncs	POD
G	2015. szeptember- 2016. március; Érd- Elvira major	Milotai 10, Milotai intenzív, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro	rügy	POD
H	2016. május; Érd- Elvira major	Milotai 10, Milotai intenzív, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro	levél, F, K, A	POD
I	2016. november- 2017. január; Érd, Elvira- major	Milotai 10, Milotai intenzív, Alsószentiváni 117, Alsószentiváni kései, Pedro	vessző, F, K, A	TPC, FRAP

2.2. A vizsgálatok helyszíne

A *fagytűrés vizsgálatokat* (A, B, C) 2013 októberétől 2014 márciusáig, 2014 októberétől 2015 márciusáig és 2015 októberétől 2016 márciusáig végeztük. Az egyéves vesszőket a Lengyeltótiiban található Juglans Hungária Kft ültetvényeiből gyűjtöttük. A termőhelyen a napfényes órák száma évenként átlagosan 2098 óra, az évi középhőmérséklet 11,2 °C, az átlagos évi csapadékmennyiség 550 mm volt. A talaj

csernozjom (kötöttség $K_A=38$, $pH=8$, összes mésztartalom a felső 60 cm-es talajrétegben 5 %, humusztartalom 1,9 %). Tengerszint feletti magassága 150-160 m (Bujdosó et al., 2019). Az ültetvényekből minden hónap első hetében begyűjtöttünk a felsorolt fajtákból, fajtánként a 10-12 db 50 cm hosszúságú egyéves vesszőt. A Lengyeltótiiban megszedett mintákat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Karának, Gyümölcsstermő Növények Tanszékén fagyűrési vizsgálatoknak vetettük alá.

Az **analitikai vizsgálat**hoz (D, E, F, G, H, I) használt növényanyagot a Magyar Agrár és- Élettudományi Egyetem, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpontjának Érd, Elvira majori kísérleti állomásán lévő törzsültetvény fáiról gyűjtöttük. Az Érd, Elvira-majori telephelyről gyűjtött mintákat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Alkalmazott Kémia tanszékén biokémia módszerek segítségével vizsgáltuk. A termőhelyen a napfényes órák száma évenként átlagosan 2079 óra, az évi középhőmérséklet $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, a tenyészidőszak (IV-IX) átlaghőmérséklete $18,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, tavaszi (március – május) minimum hőmérsékleti értékek átlaga $5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, tavaszi fagyos napok száma évente 4,8 nap, az átlagos évi csapadékmennyiség 552 mm volt a vizsgált időszakban. A talaj mészlepedékes csernozjom (kötöttség $K_A=40$, $pH=8$, összes mésztartalom a felső 60 cm-es talajrétegben 5 %, humusztartalom 2,3-2,5 %) (Makay, 2013).

2.3. A vizsgálatok menete

2.3.1. Mesterséges fagyasztásos vizsgálat (A, B, C)

A vizsgálatban szereplő fajták a magyar nemesítésű 'Milotai 10', 'Milotai bőtermő', 'Milotai kései', 'Milotai intenzív', 'Alsószentiváni 117', 'Alsószentiváni kései', 'Tiszacsécsi 83', és a kaliforniai nemesítésű 'Pedro' voltak. A vizsgálatához egy éves vesszőket használtunk. A vesszőket októbertől márciusig, minden hónapban

egyszer gyűjtöttük be. Fajtánként 10-12 darab vesszőt-szedtünk, attól függően, hogy milyen vastagságúak és mennyi vegyes rügy volt rajtuk.

A laboratóriumi vizsgálatokat a Magyar Élettudományi és Agár Egyetem Kertészettudományi Karának Gyümölcstermő Növények Tanszékén végeztük.

A *mesterséges fagyasztásos vizsgálatok* a Tanszéken található Rumed 3301 (Rubarth Apparate GmbH) típusú klímakamrában történtek. Minden vizsgálati időpontban három fagyasztási hőmérsékletet alkalmaztunk, melyet a külső hőmérséklet alakulásához viszonyítva választottuk ki. Míg októberben a legalacsonyabb választott hőmérséklet a -16°C volt, addig januárban a -26°C -os kezelési hőmérséklet igazodott az edződési folyamaton átesett rügyek vizsgálati hőmérsékletének. A lehűtés és a felmelegítés sebessége óránként 2°C volt. A választott kezelési hőmérsékleten 4 órán keresztül voltak a vesszők. A kezelés lejárta után 12 óráig szobahőmérsékleten hagytam a mintákat, majd felvágtam a rügyeket, s a szövetek elszíneződése alapján meghatároztam a fagykár mértékét. A zöld szöveteket épnek, az elbarnult szöveteket károsodottnak tekintettem. Vizsgálatom célja az LT_{50} értékek (fagyűrési középértékek) meghatározása volt, vagyis azt a hőmérsékleti értéket kerestem, amely 50% fagykárosodást okoz az adott időpontban a fajtánál. A statisztikai értékeléshez az IBM PASW Statistic 18 statisztikai programcsomagot használtuk. Az LT_{50} értékeket lineáris regresszióval határoztuk meg.

2.3.2. Biokémiai vizsgálatok előkészítése, vizsgálatok menete

A növényi részek között *rügyek*, *háncsok*, *vesszők* és *levelek* is szerepeltek, melyeknek szintén mindnek kapcsolata lehet a fagyűréshez. Az átfogó analitikai vizsgálatok megkezdése előtt egy előkísérletet végeztünk, arra irányulón, hogy a peroxidáz enzim aktivitás eredményeink és a fajták fagyűrése között kapcsolatot találjunk és a továbbiakban használatukat indokoljuk.

Az *előkísérletnek* (D) szánt analitikai vizsgálatok 2015-ben kezdődtek, amiben a magyar fajták, a 'Milotai 10', 'Milotai bőtermő', 'Milotai kései', 'Milotai intenzív', 'Alsószentiváni 117', 'Alsószentiváni kései', 'Bonifác', 'Tizscsécsei 83', valamint a 'Pedro' a 'Chandler' és a 'Fernor' fajta szerepelt. Ezen fajták peroxidáz enzimaktivitási vizsgálatai elvégzésére kerültek mindegyik fajtával.

2.3.2.1. Rügy minta előkészítése (D, G)

A vesszőkön levő rügyeket levágtam, folyékony nitrogénnel eldörzsöltem, majd 250 mg/ml-es kivonatot készítettem belőlük, Na-foszfát pH = 7,0 puffer segítségével, kvarc homokkal eldörzsölve. Centrifugálás után (1300 ford/perc, 20 perc, 10 °C) a tiszta felülúszót az analitikai mérésekig -32°C-on tároltuk.

2.3.2.2. Háncs és levél minta előkészítése (E, F)

A vesszőkön a háncs eltávolítása után az előzőekben leírtak szerint jártam el és 300 mg/ml-es kivonatot készítettem) az előbbiekhöz hasonlóan kezelve, ez érvényes a 2015. szeptemberi levél

2.3.2.3. Levélminta előkészítése (H)

A kihajtási időszakban, május hónapban három alkalommal (2016. 05.02., 05.12., 05.20.) végeztük el a mintavételt és a méréseket a felső (legfiatalabb) levelekből, három ismétlésben történtek. A frissen szedett levélmintákat folyékony nitrogénnel eldörzsöltem és 300 mg/ml-es oldatot készítettem, Na-foszfát pH = 7,0 puffer segítségével, kvarc homokkal eldörzsölve. Centrifugálás után (1300 ford/perc, 20 perc, 10 °C) kapott tiszta felülúszókat az analitikai mérésekig -32°C-on tároltuk.

2.3.2.4. Vessző minta előkészítése (I)

A vizsgálatokat 2016 november, december és 2017 január hónapjában végeztük el. Az egy éves vesszőket gyűjtöttünk be. A vesszőt három részre osztottunk.

Ez alapján felső (F), középső (K) és alsó (A) részeket különböztettem meg. Az egyes ízközőket külön-külön lereszeltem, 300 mg/ 10 ml 20 %-os alkoholos oldatot készítettünk belőlük, majd 1 órára UH-os víz fürdőbe helyeztem a jobb kioldás miatt. Centrifugálás után (1300 ford/perc, 20 perc, 10 °C) a tiszta felülúszókat az analitikai mérésig -32°C-on tároltuk.

2.3.2.5. Peroxidáz enzim aktivitás mérése (D, E, F, G)

A levelek peroxidáz enzim aktivitást H_2O_2 szubsztrát és ortodianizidin kromogén reagens jelenlétében ($\epsilon = 11.3$), $\lambda = 460$ nm-en spektrofotometriás úton (Hitachi U- 2880A) határoztam meg (Shannon et al., 1966). Az eredményeket U/g nedves tömegben adtam meg.

2.3.2.6. Az összes polifenoltartalom meghatározása (H, I)

A vesszők felső náduszának polifenoltartalmát Singleton és Rossi (1965) módszerével Folin-Ciocalteu (Merck 109001), reagenssel spektrofotometriás úton $\lambda = 760$ nm-en határoztam meg, galluszsavból készült kalibrációs görbe segítségével. Az eredményeket μM galluszsav ekvivalens (GS)/g nedves tömegben adtam meg.

2.3.2.7. Az antioxidáns kapacitás meghatározása (H, I)

Az antioxidáns kapacitást FRAP (Ferric reducing antioxidant capacity) módszerrel, Benzie és Strain (1966) leírása alapján aszkorbinsavból készült kalibrációs görbe segítségével spektrofotometriás úton $\lambda = 593$ nm-en határoztam meg. Az eredményeket μM aszkorbinsav ekvivalens (AS)/g nedves tömegben adtam meg.

Az adatok statisztikai értékelését Anova modell segítségével végeztük, az átlagok összehasonlítását, és a szignifikáns differenciákat Duncan teszt segítségével határoztuk meg 95%-os megbízhatósági szinten. Az adatok statisztikai értékeléséhez SPSS 25.0 (Chicago USA) programcsomagot használtunk.

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

3.1. Fagytűrési vizsgálatok

3.1.1. 'A' vizsgálat, 2013. október- 2014. március, mesterséges fagyasztási kísérlet, Lengyeltóti minta

A mesterséges fagyasztásos vizsgálatokat 2013/2014 nyugalmi időszakban kezdtük. Vizsgálataink standard fajtái a magyarországi tájszelekcióból származó államilag elismert 'Milotai 10', 'Alsószentiváni 117' és 'Tiszacsécsi 83' fajta, valamint a kaliforniai nemesítésű 'Pedro'. A legnagyobb fagytűrőképességgel a 'Tiszacsécsi 83' rendelkezik. A nyugalmi időszak alatt a 'Milotai 10' és a 'Pedro' fagyérzékenynek, míg az 'Alsószentiváni 117' és a 'Tiszacsécsi 83' fagytűrőnek mondható a diófajták összehasonlítása során. Vizsgálatainkba bevontuk a 'Milotai bőtermő', 'Milotai kései', 'Milotai intenzív' fajtákat is. Eredményeink alapján a következő sorrendet állítottuk fel. Legfagytűrőbb a 'Milotai kései', utána a 'Milotai bőtermő', 'Milotai 10' és a legfagyérzékenyebb a 'Milotai intenzív' voltak. Mesterséges fagyasztásos vizsgálataink során az 'Alsószentiváni 117' és az 'Alsószentiváni kései' fajta közel azonos LT_{50} értékeket mértünk, a nyugalmi időszak elején. Januárban és márciusban is az 'Alsószentiváni kései' fajta LT_{50} értékei lettek alacsonyabbak.

3.1.2. 'B' vizsgálat, 2014. október- 2015. március, mesterséges fagyasztási kísérlet, Lengyeltóti minta

2014/2015 nyugalmi időszakában a vizsgált fajták eredményei megfigyelhető, hogy januárban a legalacsonyabb LT_{50} értéke a 'Tiszacsécsi 83' fajtának volt, ami legalább 2 fokkal volt alacsonyabb az 'Alsószentiváni 117' fajtához és legalább 3 fokkal volt alacsonyabb a 'Milotai 10' fajtához képest. A 'Pedro' mutatkozott a vizsgálati időszakban a legfagyérzékenyebbnek. A márciusi felmelegedés során megfigyelhető a vizsgált fajták esetében az emelkedő LT_{50} érték.

Ebben az évben is vizsgálat alá vontuk a 'Milotai 10' fajtát, valamint hibridjeit. Hasonló eredményeket kaptunk, mint az előző tél során. 2014/2015 nyugalmi időszakában az 'Alsószentiváni 117', valamint az 'Alsószentiváni kései' fajta fagytűrése az előző évhez hasonlóan alakult.

Két év eredményei alapján kiemeltük 5 fajta fagyűrési középértékeit. A kiemelés alapja az volt, hogy maradjon a vizsgálatban nagy arányban termesztett fagyérzékeny és fagyűrő fajta, ezek voltak a 'Milotai 10' és az 'Alsószentiváni 117', valamint választottunk melléjük egy fagyérzékeny hibridet, a 'Milotai intenzív' valamint egy fagyűrő hibridet, az 'Alsószentiváni kései' fajtát. Továbbá kiemeltük melléjük a 'Pedro' fajtát, mint külföldi fajtát, és mint a keresztezés során felhasznált apa szülőt. A legmagasabb LT₅₀ értékkel végig a 'Pedro' fajta rendelkezett. Fagyérzékenységi sorrendben a 'Milotai intenzív', aztán a 'Milotai 10' következett. Az 'Alsószentiváni 117' alacsonyabb értékeket mutatott a fent említett fajtáknál, és a legfagyűrőbbnek az 'Alsószentiváni kései' bizonyult.

3.1.3. 'C' vizsgálat, 2015. október- 2016. március, mesterséges fagyasztási kísérlet, Lengyeltóti minta

2015/2016 téli időszakában megállapítottuk, hogy a legnagyobb fagyűréssel a 'Tiszacsécsi 83' rendelkezett a 'Pedro' pedig a legalacsonyabbal, az egész vizsgálati szezon alatt. Minden fajta esetében elmondható, hogy ebben az évben mértük a legalacsonyabb fagyűrési középértékeket, mivel három éves vizsgálati időszakban ezen a januáron volt a leghidegebb a külső hőmérséklet. Ebből is kitűnik, hogy a fajták fagyűrése követi a külső hőmérséklet csökkenést egy bizonyos hőmérsékleti tartományon belül. A 'Milotai 10' és az 'Alsószentiváni 117' között február és március folyamán fagyűrésük között jelentős 2-3 fokos eltérést mértük a két fajta között

3.1.4. A mesterséges fagyasztási kísérletek három vizsgálati időpontjának összehasonlítása (A, B, C), valamint a fajták fagyűrésének értékelése

A statisztikai elemzés a három évjárat eredményei között nem mutatott ki szignifikáns különbségeket. A vizsgálati évek kísérleti eredményeit átlagoltuk, és az átlagok, valamint a szórás értékek alapján értékeljük a vegyesrügyek fagyállóságának dinamikáját és a fajták közötti különbségeket. A vegyesrügyek fagyállósága a tél első felében fokozatosan alakult ki. Az edződési folyamat már jóval az első mintavételezési időpont előtt megkezdődött, hiszen október közepén már rendre -10°C alatti LT₅₀ értékeket határoztunk meg. Az edződés (hardening) kezdeti szakasza még abban az időszakban volt, amikor a külső hőmérsékletek jóval fagypont felett voltak. Amikor a tartós fagyok bekövetkeztek, a vegyesrügyek LT₅₀ értékei egyes fajtáknál már megközelítették a -20°C-os értéket. Az edződési folyamat januárig tartott, minden

évjáratban a januári mintavételezési időpontban voltak a legalacsonyabbak az LT_{50} értékek. Ezután következett a reedződés (dehardening) szakasza, amikor a vegyesrügyek fagytűrése fokozatosan lecsökkent, a külső hőmérséklet fokozatos emelkedésével párhuzamosan.

Mind a három téli nyugalmi időszakban januárban voltak a legfagytűrőbbek a vizsgált fajták vegyesrügyei. Mivel az egyes fajták LT_{50} értékei nem különböztek szignifikánsan az évek között, arra következtetünk, hogy elérték a genetikailag lehetséges maximális fagyállóságukat, bár ennek megnyugtató bizonyításához további évek vizsgálatai szükségesek. A vegyesrügyek téli fagyállóságának fajták közötti különbségeit a januári vizsgálati eredmények alapján elemezzük.

A hároméves kísérletsorozat eredményei alapján fagyérzékenységi sorrendet állítottunk fel a vizsgált fajták között, a januári vizsgálati eredmények felhasználásával. Három homogén csoport különíthető el. A 'Pedro' fajta fagyérzékenyek, a 'Milotai kései', 'Milotai 10', 'Milotai bőtermő', 'Milotai intenzív' közepesen fagytűrőnek, az 'Alsószentiváni 117', 'Alsószentiváni kései' és 'Tiszacsécsi 83' fajta pedig fagytűrőnek minősül ebben az összehasonlításban.

3.2. Biokémiai vizsgálatok eredményei

3.2.1. 'D' vizsgálat, 2015 február- március, Lengyeltóti rügyminták peroxidáz enzim aktivitása

A rügyek vizsgálatakor a február hónapban mért összes fajta esetében elmondható, hogy összefüggés található a fagytűrése és a rügyekben mért peroxidáz enzim aktivitása között. Megfigyelhető, hogy a fagyérzékeny fajták peroxidáz enzim aktivitása magasabb ebben az időszakban, tehát a nyugalmi időszak végén, mint a fagytűrő fajták értékei. Megfigyeltük, hogy márciusra csökken az enzimaktivitás mértéke minden fajta esetében. A külső hőmérséklet emelkedésével, tehát a „stressz” csökkenésével, ami ebben az esetben az alacsony téli hőmérsékletet jelenti a peroxidáz enzim aktivitás csökkeni kezd. Ezek a megfigyelések más szakirodalommal is összefüggnek (Lotfi et al., 2010), így vizsgálatainkba más növényi szerveket is bevontuk a következő nyugalmi időszak kezdetétől.

3.2.2. 'E' vizsgálat, 2015. szeptember, Érd- Elvira majorból származó levélminták peroxidáz enzim aktivitása

A 10 fajta bevonásával elvégzett kísérlet eredményei alapján megfigyelhető volt, a 'Milotai kései és Milotai bőtermő' fajta értékei azonosak, valamint ez az azonosság a 'Milotai 10' és a 'Milotai intenzív' között is fenn áll. Ezek a hasonlóságok a fajták fagyűrészéről is elmondhatóak. Az 'Alsószetiváni kései' fajtának van a legalacsonyabb enzimaktivitási értéke a nyugalmi időszak kezdeténk.

3.2.3 'F'vizsgálat, 2015. szeptember- 2016. március, Érd- Elvira majorból származó hánicsminták peroxidáz enzim aktivitása

A fagyűrő fajták esetében a peroxidáz enzim mennyisége alacsonyabb volt mint fagyérzékenyek fajták esetében. A levelekben és a hánicsban is a fagyűrőbb fajtánál kisebb enzimaktivitásbeli értékek mutatkoznak. Fajtahatás figyelhető meg a hibridek és a szülő fajták között, mivel a hibridek értékei mindig köztes értékeket képviselnek.

Egy hosszabb fenológiai fázis, szeptember és március között mért peroxidáz enzim aktivitásának vizsgálatakor mind a rügyben, mind a hánicsban egy ciklizáló mozgás volt tapasztalható az edződési folyamat hatására, majd a kihajtáshoz alkalmazkodóan (Németh, 2012).

3.2.4. 'G'vizsgálat, 2015. szeptember- 2016. március, Érd- Elvira majorból származó rügyminták peroxidáz enzim aktivitása

A 2015/2016 évi vizsgálatok alapján a rügyekben mért peroxidáz enzim aktivitásbeli változása azt mutatja, hogy szeptember és október között egy emelkedés volt tapasztalható, a külső hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan, ami decemberre éri el a maximumát, amikor a fajták eléri edzettségüket az időjárásnak megfelelően. Januárban és februárban tovább folytatódik a csökkenés. Ilyenkor a növények eléri a hideghatást, ami a rügydifferenciálódáshoz szükséges és lépnek a mélynyugalmi fázisukból kényszernyugalomba. A márciusi értékek növekedése a kihajtáshoz kapcsolódó, amikor még a kora tavaszi fagyok kárt tehetnek az érzékenyebb növényi részekben, így mindenképp a védekezés érdekében emelkedik a peroxidáz enzim aktivitása a fajták esetében.

3.2.5. 'H' vizsgálat, 2016. május, Érd- Elvira majorból származó kihajtáskori levélminták peroxidáz enzim aktivitása

A májusi levelek kihajtásakor a legfiatalabb levelekben mért enzimaktivitási értékek eltérően alakulnak az eddig idősebb növényi részekben mért enzimaktivitásoktól. A fagyűrő fajták esetén az enzimaktivitás nagyobb a fiatalabb levelenél, mintegy jobban fel vannak készülve egy stresszhelyzetre, mint a kisebb enzimaktivitással rendelkező érzékeny fajták. Feltételezhetően a nagyobb enzimaktivitással rendelkezők egy kisebb lehűlést a fiatal levelek el tudnának viselni, míg a fagyérzékeny fajták esetében az enzimaktivitás csökkenésével párhuzamosan hidegtűrésük is csökkent állapotban van, így nagy valószínűséggel egy hirtelen erősebb lehűlés a fiatal hajtások elfagyásához vezethetne.

3.2.6. 'I' vizsgálat, 2016. november- 2017. január, Érd- Elvira majorból származó vessző minták polifenol tartalma

A vesszők polifenoltartalmát és redukáló kapacitástást célzó kísérletekben megállapítottuk, hogy az 'Alsószentiváni 117' kiemelkedő polifenol tartalma nagyobb fagyűrést eredményez. A fagyérzékeny 'Milotai 10' kevésbé sikeres a polifenol felhamozásban. Az 'Alsószentiváni kései' lép át a mélynyugalmi állapotból kényszernyugalmi állapotba. A 'Milotai intenzív' érzékenysége kitűnik, szignifikáns különbségeket mutat végig a vizsgálati időszakban. A 'Pedro' értékei inkább középértékeknel találhatóak. Mivel melegebb klímáról származik, a fagyok elviseléséhez nagyobb polifenoltartalom szükséges számára, mint a hazai klímaviszonyok között szelektált és nemesített fajta esetében, annak ellenére, hogy fagyűrése közel azonos vagy gyengébb.

A vesszők antioxidáns kapacitásának vizsgálatai nem hozták a várt eredményeket, nem tudtunk jó összefüggéseket kimutatni a fagyűréssel kapcsolatban.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. Fagytűrési vizsgálatok

A dió nem tartozik a legfagyérzékenyebb mérséklet égvői gyümölcsfajok közé, december és január hónapban akár mínusz 28-29 °C fokos lehülést is elviselnek az áttelelő szerveik (Westwood, 1993; Szentiványi és Kállayné, 2006; Kállayné, 2014). Tavasszal azonban a rügyek kihajtása után a fiatal hajtások és a virágszervek gyakran károsodnak az ezeken a vidékeken lévő dióültetvényekben a visszatérő erős lehülésektől. Ezért van jelentősége a nemesítés során a késői fakadású fajták szelektálásának (Szentiványi és Kállayné, 2006; Kállayné, 2014). A termésbiztonság hosszútávú megteremtéséhez azonban a termesztett diófajták téli nyugalmi időszak alatti fagytűrésének ismeret is nagyon fontos. Ezért kezdtük el részletesen vizsgálni a Magyarországon szelektált és nemesített, az ültetvényekben leginkább elterjed fajták téli fagyállóságát. Kontrollként a kaliforniai 'Pedro' fajtát használtuk.

Három év nyugalmi időszakában minden vizsgálati alkalom során meghatároztuk a fajták LT₅₀ értékét. Az általunk vizsgált három év közel azonos eredmények mutatott, ezért szignifikáns évjáráthatást nem tudunk kimutatni. A vizsgálati éveinkben a legnagyobb fagytűrést a 'Tiszacsécsi 83' fajta esetében tapasztaltunk. A legérzékenyebb a kontrollként használt 'Pedro' fajta volt. Az 'Alsószentiváni kései' fagytűrési értékei a 'Tiszacsécsi 83' fajtaéhoz voltak hasonlóak. A 'Milotai 10' értékei pedig a 'Pedro' fagytűrésével voltak közel azonosak. A vizsgált hibridek között is megfigyeltünk eltéréseket. A 'Milotai intenzív' fagyérzékenynek, a 'Milotai bőtermő', 'Milotai kései' közepesen fagytűrőnek, az 'Alsószentiváni 117' fagytűrőnek bizonyult. A vegyesrügyek január folyamán voltak a legfagytűrőbbek. Valószínű, hogy januárban mért értékek a fajták genetikailag programozott legjobb fagytűrési értékeinek feleltek meg, bár ennek biztonságos meghatározása további vizsgálatokat igényel. Charrier et al. (2011) kísérletei során januártól a rügyfakadásig kimutatható fajthatást figyeltek meg, aminek nagyobb szerepe van már ebben az időszakban, mint a környezeti hatásnak.

Vizsgálati éveink időjárásáról elmondható, hogy október első hetében a minimum hőmérsékletek a szokásostól kissé alacsonyabbak voltak. Ezt követően a hőmérséklet a vártnak megfelelően alakult. A következő jelentősebb hirtelen lehülések december közepén voltak, a vegyes rügyek edződésének második szakasza ezután következett. Január közepén ismét hirtelen erőteljes lehülés következett, azonban a

vegyes rügyek edzettségük maximumán vannak dió esetében így a legfagyérzékenyebb fajta esetében is átlagosan -23,8 °C-os fagyűrési középértéket mértünk. A januártól kezdődő folyamatos felmelegedést február folyamán egy-két hajnali lehülés szakította csak meg, de mivel a felmelegedés nem volt gyors ütemű, így ezek a lehülések nem jelentettek problémát és a vegyesrügyek megtartották fagyálló képességüket. A folytatódó felmelegedés hatására márciusban már magasabb LT₅₀ értékeket mértünk. A vizsgálati időszakunk alatt hasonló időjárású telek voltak a kísérletünk helyén, ezért nem mutathatók ki szignifikáns évjárat hatások. Hosszabb időtávú kísérletek során valószínűleg mutatkoznának különbségek, hiszen a klimatikus tényezőknek az áttelelő szervek fagyálóságára gyakorolt hatásait több mérséklet égövi gyümölcsfajnál kimutatták (Faust, 1989; Tromp, 2005; Szalay et al., 2010, Szalay et al., 2016; Szalay et al., 2017). A dióra vonatkozó ilyen vizsgálati eredmények azonban nem találhatók a szakirodalomban.

A vizsgálatokat 2013/2014 nyugalmi időszakában kezdtük. Ezen időszakban a legnagyobb fagyűréssel rendelkező fajtának a 'Tiszacsécsi 83' fajtát találtuk. A további tájszelektált fajták esetében az 'Alsószentiváni 117' fajta fagyűrőnek, a 'Milotai 10' pedig fagyérzékenynek mutatkozott a vizsgálatban szereplő fajtákához viszonyítva. A hibridek esetében a legfagyűrőbb az 'Alsószentiváni kései', a 'Milotai kései', 'Milotai bőtermő' végül fagyérzékenyek a csoportból a 'Milotai intenzív' mutatkozott. A 'Pedro' fajta LT₅₀ értékei alapján megállapítottuk, hogy a nyugalmi időszak első két hónapjában jelentős eltérések voltak a többi vizsgált fajtához viszonyítva. A vizsgálatok második évében hasonló tendenciát véltünk felfedezni. A vizsgálatok harmadik évében jelentősebb változást az 'Alsószentiváni kései' fajta tekintetében mutatkozott meg. Ez a megfigyelés mutatja, hogy egyrészt mekkora jelentősége van magánk az évjáráthatásnak, másrészt annak, hogy milyen kondícióval rendelkezik a növény a nyugalmi időszak kezdetén. A fajták esetében a külső hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan a fagyűrési értékek növekedése, valamint a felmelegedés hatására a fagyűrési értékek csökkenése volt látható. Hazai klíma viszonyok mellett, abban a helyzetben a magyar diófajta szortimentben megtalálható fajták biztonsággal termesztethetők.

4.2. Biokémiai vizsgálatok

A biokémiai vizsgálatok alkalmával nem csak a dió legérzékenyebb áttelelő részét a rügyeket vizsgáltuk, hanem nyugalmi időszak kezdetén a leveleket, a

nyugalmi időszakban a vesszőket, valamint a kihajtáskor a fiatal leveleket is bevontuk a kísérleteinkbe. A különböző növényi részekben a peroxidáz enzim és a polifenoltartalom változását követtük nyomon.

A mélynyugalmi időszak kezdetén a levelekben a fagyűrőbb fajtánál kisebb enzimaktivitásbeli értékek mutatkoznak, mint az érzékenyebbeknél. A hancs részben mért enzim aktivitás változás időben először egy növekedést mutat, majd egy csökkenést. A külső hőmérséklet csökkenésével (hidegstressz) a peroxidáz enzim növekedést mutat, majd mikor egy bizonyos edzettségi fokot elértek a növényi részek a stagnálás vagy csökkenés figyelhető meg az enzimaktivitásban, mivel épp csökken a stressz hatás. Ez azért figyelhető meg mert a lombhullató fák fagyűrőse több ütemben alakul ki (Tromp, 2005). A vizsgálatok során a 'Tiszacsécsi 83' mutatja a legkisebb értékeket, az érzékenyebb fajták pedig magasabb értékeket mutatnak. Ez összefüggésbe hozható azzal, hogy egy vegetációs folyamatban vagyunk benne, és bárminemű külső, vagy belső behatásra több szabadgyök képződhet, ami magával hozza a válaszreakciót, az eliminálásban résztvevő enzimek megnövekedett aktivitását. Ennek pontos igazolására akkor nyílna lehetőség, ha a különböző érzékenységgű fajtáknak az azonos körülmények közötti csíráztatásából származó új egyedeiben az azonos fejlettségű állapotban mért enzimaktivitásait hasonlítanánk össze. Itt már egy fejlődési folyamatban vagyunk benne, ami részben az öregedéssel járó enzimaktivitás növekedést és az esetleges behatásokra, stresszre adott válaszokat is magában foglalja.

A kiválasztott fajták enzimaktivitását összehasonlítva megfigyeltük, a hőmérséklet változására adott stressz választ, október elején egy jelentős felmelegedés történt, amikor is több napig a napi maximum hőmérséklet 20 °C felett volt, amit az évszaknak megfelelő 13-16 °C követett. Ennek hatását figyelhettük meg az enzim aktivitás változás kapcsán.

A 2015/2016 nyugalmi időszaka alapján a vizsgált fajták rügyeiben mért peroxidáz enzimváltozás a külső hőmérséklettel együtt járó edződés, majd a mélynyugalmi állapotból a kényszernyugalmi állapotba való átlépést tükrözi. Ősszel, tehát szeptemberben alacsony az enzimaktivitás, mely kismértékű emelkedést mutat októberre, a külső hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan. Decemberre a fajták elérik maximális edzettségüket, hiszen ebben a hónapban a legmagasabb az

enzimaktivitás. Januárra ismét csökken az érték, majd februárban mérjük a legalacsonyabb értékét. Ezen időszakban lépnek ki a fajták a mélynyugalmi fázisukból és mennek át kényszernyugalomba, abba az állapotba mikor a felmelegedés hatására megkezdődik a kihajtás. Miután a fagyűrési maximumukat elérték a rügyek, amely megvédi a káros hatástól őket, az enzimaktivitás folyamatos csökkenése figyelhető meg. Márciusban az enzimaktivitás növekedés a kora tavaszi hirtelen lehűlések hatására történhet, melyek olyan speciális mechanizmusok melyek hatására kezdődik és fejeződik be a nyugalmi időszak (Westwood, 1993). Februárban tehát a csökkenő enzimaktivitás mutatja a külső stressz csökkenését. A márciusi mérések pedig igazolják, hogy a februári visszaedződés hatására márciusra a fajták megint elérik maximális edzettségüket a faggal szemben. Erre azért van szükség, mivel a tavaszi fagyok tudják a legnagyobb kárt okozni az éves termésmennyiségben.

Az is látszik az eredményeinkből, hogy bár a nyugalmi időszak kezdetén, a rügyben valamint a háncsban mért enzimaktivitási értékek ellentétesen találhatóak meg a fagyűrő és fagyérzékeny fajtákban, a nyugalmi időszak végére, vagyis a kényszernyugalmi időszakban már a fagyűrő fajtákban alacsonyabb és a fagyérzékeny fajtákban magasabb az enzimaktivitás mértéke.

A peroxidáz enzim aktivitási vizsgálatokban szereplő különböző növényi részeinek összehasonlítása mutatja azon megállapításunkat, hogy a legmagasabb enzimaktivitás egy adott időszakot vizsgálva a rügyekben található. Mindegyik fajtánál a levelekben (nedves tömegre vonatkoztatva) mértük a legkisebb enzimaktivitásokat, majd háncs és végül a rügyek értékei következtek. Jogosan felmerül a kérdés, hogy miért nem számoltuk át szárazanyagtartalomra az eredményeket, de úgy gondoltuk ezek az értékek a mindenkor mintavételkor tapasztalható eredményeket a legjobban szemléltetik, ami az egyes minták és fajták közötti különbségekben jut kifejezésre. Összességében elmondható, hogy az elképzeléseink helyesnek mutatkoztak, az enzimaktivításban látható különbségek, már most mindhárom növényi részben kimutathatók. Ezek a különbségek részben a genetikai háttérrel, részben az időjáráshoz való alkalmazkodásból adódtak.

A levelek tavaszi kihajtásakor megfigyelhető, hogy a fagyűrő fajták esetén az enzimaktivitás nagy, ezáltal egy kisebb lehűlést a fiatal levelek el tudnának viselni. A fagyérzékeny fajták esetében pont az ellenkezője történik, tehát az enzimaktivitás

csökkenésével párhuzamosan hidegtűrésük is csökkent állapotban van, így nagy valószínűséggel egy hirtelen erősebb lehűlés a hajtások elfagyásához vezethetne. Azonban az idősebb levelek esetében már a fagyérzékeny fajtáknál volt magasabb az enzimaktivitás értéke. Megállapítottuk, hogy a fiatalabb részek alacsonyabb enzimaktivitásuk miatt kisebb ellenállóságot mutatnak, így a kora tavaszi fagyok ellen kevésbé tudnának védekezni.

A vesszők polifenoltartalmát és redukáló kapacitástást célzó kísérletben megállapítottuk, hogy az 'Alsószentiváni 117' kiemelkedő polifenol tartalma magasabb fagyűrést eredményez, míg a 'Milotai 10' kevésbé sikeres a polifenol felhamozásban, így érzékenyebb is. Ezek az eredmények összefüggnek Farokhzad et al. (2018) eredményeivel, hogy a magasabb polifenol tartalom magasabb stressztűrést eredményez. Az 'Alsószentiváni kései' vizsgálata során arra a megállapításra jutottunk fagyűrését is figyelembe véve, hogy később lép át a mélynyugalmi állapotból kényszernyugalmi állapotba. A 'Milotai intenzív' szignifikáns különbségeket mutat végig a vizsgálati időszakban, érzékenysége kitűnik. A 'Pedro' értékei inkább a négy másik fajta középértékénél található. Meglátásunk szerint mivel melegebb klímáról származik, a fagyok elviseléséhez sokkal magasabb polifenoltartalom szükséges számára, mint a hazai klímaviszonyok között szelektált és nemesített fajta esetében, annak ellenére, hogy fagyűrése közel azonos vagy gyengébb. Az alkoholos kivonás tekintetében, hasonló tendenciák érvényesülnek, azonban úgy tapasztaltuk, hogy ez a módszer nem olyan érzékeny stressztűrés kimutatására. Ezért megítélésünk szerint elegendőnek tűnik vizsgálni csak a polifenoltartalmat, ott azonban további vizsgálatokból szerzett tapasztalatok alapján el lehet dönteni, hogy melyik, az olcsóbb vizes, vagy a drágább alkoholos kivonást alkalmazzuk.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- Hazai körülmények között elsőként vizsgáltam és mutattam ki összefüggést a dió fajták fagytűrése és néhány biokémiai paraméter között.
- Elsőnek határoztam meg hét magyar, valamint egy külföldi diófajta vegyesrügyeinek fagytűrését nyugalmi időszakban mesterséges eljárással, lineáris regressziós modellel.
- Hazai körülmények között Mérésekkel bizonyítottam, hogy a dió különböző növényi részeiben és különböző fenológiai fázisaiban mért peroxidáz enzim aktivitása és polifenoltartalom alkalmas a fajták fagytűrőképességének jellemzésére.
- Igazoltam, hogy a növényi szervek közül a rügyekben mért peroxidáz enzim aktivitás követi a legjobban a fajták edződési folyamatát a fagytűrésben.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikkek:

1. K. SZÜGYI-B., G. BUJDOSÓ, V. FROEMEL-H., S. SZÜGYI, É. STEFANOVITS-B. L. SZALAY(2021): Evaluation of the frost tolerance of Hungarian-bred walnut cultivars. Acta Biologica Szegediensis. Volume 65 (2) nyomtatásban

Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények:

2. SZÜGYINÉ BARTHA, K., BUJDOSÓ, G., HAJNAL, V., SZALAY, L. (2014): Magyar nemesítésű diófajták vegyesrügyeinek fagytűrő képessége, Kertgazdaság, 46(1): 31-37 p.

3. SZÜGYINÉ BARTHA, K., Froemel- Hajnal, V., Szalay, L., Stefanovitsné Dr. Bányai É., Bujdosó G., (2019): Hazai nemesítésű diófajták fagytűrésének értékelése, Kertgazdaság 51(1) 25-31.p.

Egyéb tudományos cikkek:

4. SZÜGYINÉ BARTHA, K., BUJDOSÓ, G., HAJNAL, V., SZALAY, L. (2015): A dió fagytűrése. Agrofórum, 58. extra: 74-75 p. E

Folyóirat cikk:

5. SZÜGYINÉ BARTHA, K., IZSÉPI, F., BUJDOSÓ, G., HAJNAL, V., SZALAY, L. (2015): A dió alkalmazkodóképessége. Kertészet és Szőlészet, 10 (64): 16.p.

Konferencia közlemények („full paper”):

6. SZÜGYINÉ BARTHA K., BUJDOSÓ G., HAJNAL V., SZALAY L. (2014): Magyar nemesítésű diófajták vegyesrügyeinek fagytűrő képessége, Növénynemesítés a megújuló mezőgazdaságban , XX. Növénynemesítési Tudományos Napok, 444-448 p.

7. SZÜGYI-BARTHA, K., HAJNAL, V., SZALAY, L., BUJDOSÓ, G. (2016): Preliminary results of frost hardiness of Hungarian bred Persian walnut cultivars. In: *III Balkan Symposium on Fruit Growing 1139*. 2015. p. 173-176.p.

DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1139.30

8. SZÜGYI, K. B., BUJDOSÓ, G., HAJNAL, V., SZALAY., L. (2017): Examination of Hungarian bred Persian walnut cultivars' resistance to frost. In: *XIV EUCARPIA Symposium on Fruit Breeding and Genetics 1172*. 2015. p. 391-394.

DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1172.74

9. **SZÜGYI-BARTHA, K., HAJNAL, V., SZALAY, L., BUJDOSÓ, G.** (2020): Frost behavior of Hungarian bred Persian walnut cultivars. In: XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Nuts and Mediterranean Climate Fruits, Carob and X 1280. 2018. p. 85-88. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.12

Konferencia összefoglalók („abstract”):

10. **SZÜGYINÉ BARTHA, K., HAJNAL, V., SZALAY, L., IZSÉPI, F., BUJDOSÓ, G.** (2015): Magyar és külföldi nemesítésű diófajták fagytűrő képességének vizsgálata, XXI. Növény-nemesítési Tudományos Napok, 126 p.

11. **SZÜGYI BARTHA, K.- HAJNAL, V.- SZALAY, L.- BUJDOSÓ, G.** (2015): Examination of Hungarian bred Persian walnut cultivars' resistance to frost. XIV Eucarpia Fruit breeding and genetics symposium, Book of Abstracts. 200 p.

12. **BARTHA-SZÜGYI, K., HAJNAL, V., SZALAY, L., BUJDOSÓ, G.** (2015): Effects of frost treatments to Hungarian bred Persian walnut cultivars. 1st EUFRIN Shell Fruit Species Working Group Meeting. Book of Abstracts. 11.p.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. BUJDOSÓ, G., GANDEV, S., IZSÉPI F., SZÜGYI- BARTHA K., VÉGVÁRI, GY. (2019): Detection and quantification of some phenolic compounds in kernel of selected Hungarian and Bugarian Persian walnut cultivars. *European Journal of Horticultural Science* (ISSN: 1611-4426) (eISSN: 1611-4434): Eur. J.Hortic.Sci. 84 (2) 85-90 | DOI: 10.17660/eJHS.2019/84.2.4 (IF₂₀₁₉=0,726) (Q2)
2. CHARRIER, G., BONHOMME, M., LACOINTE, A., AMÉGLIO, T. (2011): Are budburst dates, dormancy and cold acclimation in walnut trees (*Juglans regia* L.) under mainly genotypic or environmental control? *International Journal of Biometeorology*, 55(6), 763–774.p., doi:10.1007/s00484-011-0470-1
3. FAROKHZAD, A., NOBAKHT, S., ALAHVERAN, A., SARKHOSH, A., MOHSENI AZAR, M. (2018): Biochemical changes in terminal buds of three different walnut (*Juglans regia* L.) genotypes during dormancy break. *Biochemical Systematics and Ecology*, (76) 52–57. p. doi:10.1016/j.bse.2017.12.002
4. FAUST, M. (1989): *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. John Wiley and Sons, New York. 338 p.
5. KÁLLAYNÉ, T. (2014): *Gyümölcsösök termőhelye*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 248 o. ISBN 978-963-286-699-4
6. LOTFI, N., VAHDATI, K., HASSANI, D., KHOLDEBARIN, B., AMIRI, R. (2010): Peroxidase, guaiacol peroxidase and ascorbate peroxidase activity accumulation in leaves and roots of walnut trees in response to drgought stress. *Acta Horticulturae*, (861) 309–316.p. doi:10.17660/actahortic.2010.861.42
7. MAKAY, M. (2013): Szóbeli közlés. Érd- Elvira major.
8. NÉMETH, SZ. (2012): A virágrügy- és gyümölcsfejlődés fenológiai, morfológiai és biokémiai jellemzése fontosabb kajszfajták esetében. Doktori értekezés
9. SHANNOON, L. M., KAY, E., LEW, J. W. (1966): Peroxidase Isozymes from Horseradish Roots. *Journal Biological Chemistry*. 241 (9) 2166-2172.p.
10. SINGLETON, V.L., ROSSI, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with hosphomolybdc-phosphotunstic acid reagents *Am. J. Enol Vitic* (16) 144-158.p.
11. SZALAY, L., TIMON, B., NÉMETH, SZ., PAPP, J., TÓTH, M. (2010): Hardening and dehardening of peach flower buds. *Horticultural Science*. 45 (5) 761-765. p.

12. SZALAY, L., LADÁNYI, M., HAJNAL, V., PEDRYC, A., TÓTH, M. (2016): Changing of the flower bud frost hardiness in three Hungarian apricot cultivars. Horticultural Science (Prague). 43 (3) 134-141. p. doi: 10.17221/161/2015-HORTSCI
13. SZALAY, L., MOLNÁR, Á., KOVÁCS, SZ. (2017): Frost hardiness of flower buds of three plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. Scientia Horticulturae. (214): 228-232.p. doi: 10.1016/j.scienta.2016.11.039
14. SZENTIVÁNYI, P., KÁLLAY, T-NÉ. (2006): Dió. Mezőgazda Kiadó. 62-72. p.
15. VEISZ, O. (2005): A növények abiotikus stressztűrése és a biztonságos termesztés. Magyar Tudomány. 166 (7) 833-836. p.
16. WESTWOOD, M.N., (1993): Plant Efficiency: Growth and Yield Measurements. Temperate Zone Pomology. WH Freeman and Company, San Francisco, 275.p.