



**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA**

**A CSÍRÁZÓKÉPESSÉG VIZSGÁLATA
KULTÚRNÖVÉNYEK VAD ROKONFAJAIN**

DOI: 10.54598/001640

Peti Erzsébet

Gödöllő

2021

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

tudományága: Környezettudomány

vezetője: Csákiné Dr. Michéli Erika

egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Környezettudományi Intézet

témavezetők: Dr. Surányi Dezső

egyetemi tanár, az MTA doktora

MATE, KERTI Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, Cegléd

Dr. Gyulai Ferenc

egyetemi tanár, az MTA doktora

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Környezettudományi Doktori Iskola

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása
Dr. Surányi Dezső

.....
A témavezető jóváhagyása
Dr. Gyulai Ferenc

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK	5
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1.	Az <i>ex situ</i> megőrzés jelentősége	7
2.2.	A magbankok szerepe a megőrzésben és az élőhely-restaurációkban.....	8
2.3.	A vadon élő növényfajok magjainak csírázóképesége.....	10
2.4.	A növényi magvak élettartama	12
2.5.	Az életképességet és élettartamot befolyásoló tényezők	13
2.5.1.	Érettség.....	14
2.5.2.	A magvak tárolási ideje és életképessége	14
2.5.3.	Víztartalom.....	16
2.5.4.	Magnyugalom	17
2.5.5.	Keményhéjúság (exogén magnyugalom).....	18
2.5.6.	Csírázási körülmények	19
2.5.7.	Magbank típus	20
2.5.8.	Magtömeg	21
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	22
3.1.	A fajok kiválasztásának szempontjai.....	22
3.2.	A kiválasztott fajok főbb tulajdonságai	24
3.3.	Maggyűjtés	26
3.4.	A magminták taxonómiai ellenőrzése, tisztítása és ezermagtömegük meghatározása.....	27
3.5.	Laboratóriumi csíráztatási protokoll.....	27
3.6.	Szárítás és tárolás.....	31
3.7.	Vízaktivitás-mérés	32
3.8.	Üvegházi hajtás.....	33
3.9.	Szabadszíves vetés	33
3.10.	Adatfeldolgozás	36
3.10.1.	Magnedvességtartalom vizsgálatok	36
3.10.2.	Laboratóriumi és szántóföldi csíráztatások	37
3.10.3.	A magtömeg és a csírázási százalék összefüggése	37
4.	EREDMÉNYEK	39
4.1.	Magnedvességtartalom vizsgálatok	39
4.1.1	A 0 és a -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára az egyes években.....	39

4.1.2. A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok nedvességtartalmára az egyes években a kontroll értékekkel összehasonlítva.....	40
4.1.3 A csírázási százalékok és a vízáktivitás értékek összefüggése.....	42
4.2. Laboratóriumi csíráztatások.....	43
4.3. Az üvegházi és laboratóriumi körülmények között végzett csíráztatások eredményei.....	47
4.3.1. Fabaceae család.....	47
4.3.2. Lamiaceae család.....	49
4.3.3. Asteraceae család.....	51
4.3.4. Caryophyllaceae család.....	55
4.3.5. Poaceae család.....	57
4.4. Szabadföldi vizsgálatok.....	60
4.4.1. Fabaceae család.....	67
4.4.2. Lamiaceae család.....	70
4.4.3. Asteraceae család.....	71
4.4.4. Caryophyllaceae család.....	73
4.4.5. Poaceae család.....	76
4.5. Magtömeg vizsgálatok.....	79
4.6. Eredmények megbeszélése.....	81
4.6.1. A laboratóriumi eredmények értékelése.....	81
4.6.2. Szabadföldi és üvegházi eredmények értékelése.....	86
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	88
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	93
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	94
8. SUMMARY.....	96
9. MELLÉKLETEK.....	97
M1. Irodalomjegyzék.....	97
M2. További mellékletek.....	114
10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	131

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A biodiverzitás megőrzése korunk egyik kiemelten fontos feladata, tekintve, hogy becslések szerint, a növény- és állatfajok eltűnési üteme sokkal gyorsabb bizonyos geológiai időszakokban tapasztalt ütemhez képest (Shoen et al. 2001). A fajok genetikai anyagának megőrzéséhez nem feltétlenül szükséges a kifejlett, teljes növényegyedek formájában történő fenntartás (Csontos et al. 2006a). A mag alkalmas a növényi genetikai erőforrások *ex situ* (természetes élőhelyen kívüli) konzervációjára (Guerrant et al. 2014). A mag alakban történő megőrzés napjainkban elsősorban génbankokban (magbankokban) valósul meg (Smith et al. 2003, Lima et al. 2014, Groot et al. 2015). Becslések szerint, jelenleg világviszonylatban a növényi genetikai erőforrások közül 7,4 millió tételt őriznek, ezek 90%-át génbanki körülmények között (Godefroid et al. 2010, FAO 2010). A közelmúltban számos ország létesített nemzeti génbankot a természetes flórájának *ex situ* megőrzésére (Smith et al. 2003, Csontos et al. 2006, Lima et al. 2014).

Hazánkban erre a célra jött létre Tápiószelén, a Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központban (NBGK) a Pannon Magbank. A gyűjtemény a Pannon Biogeográfiai Régió őshonos, vadon élő magvas növényeinek *ex situ*, magbankban történő hosszú távú megőrzését szolgálja.

Az egyes fajok magvainak genetikailag meghatározott élettartama eltérő. Bizonyos fajok magvai több évig, vagy akár 100 évig is életképesek (perzisztensek) maradnak a természetben, míg más fajoké legfeljebb egy évig (tranziensek) (Csontos 2001, Thompson 1993). Ennek megfelelően bizonyos fajok magjai már a száraz, védett helyen való tárolással is eltarthatóak (Csontos et al. 2006), míg mások speciális génbanki tárolási technikát igényelnek, amelyek alkalmazásával azonban az élettartam megsokszorozható. Leghatékonyabb módszer erre a szárított (3,5–6,5% nedvességtartalmú) magvak alacsony hőmérsékleten (<0 °C-on, leggyakrabban -18 ± 3 °C-on, vagy folyékony nitrogénben akár -196 °C-on) való tárolása (Smith et al. 2003, Agacka et al. 2014, Halmagyi és Pinker 2014, Lima et al. 2014).

A növényi magvak, tehát mint élő anyagok megfelelő tárolási körülményeket igényelnek, és folyamatosan szükséges az állapotuk monitorozása annak érdekében, hogy életképességükről minél megbízhatóbb képet kapjunk. Ezért az életképesség vizsgálata alapvető fontosságú a maggyűjtemények fenntartása során, és hatékony módja a tárolás során bekövetkező problémák gyors meghatározásának (Godefroid et al. 2010, van Treuren et al. 2013). A hazai természetes élőhelyek fajainak csírázási tulajdonságairól – szemben az alaposan kutatott gyomnövényekével – ma még csak nagyon szórványosak az ismereteink. A meglévő adatok is főként vagy külföldi állományok vizsgálatán alapulnak, vagy azokra a természetes fajainkra vonatkoznak, amelyek egyben haszonnövények is.

Ezért különösen indokolt annak kutatása, hogy az egyes növényfajok hogyan reagálnak a hűtött körülményekre, életképességük hogyan változik a tárolás során. Különösen kevés irodalmi adat áll rendelkezésre a megőrzött magtétélek életképességéről laboratóriumi és ezzel párhuzamosan, szabadföldi körülmények között (Kiran Babu et al. 2018). Mindez rendkívül fontos nemcsak a tárolt minták regenerációja, hanem a gyakorlati felhasználás során is, hiszen a megőrzött maganyag elsődleges célja az aktív természetvédelemben való felhasználás (Merritt et al. 2003).

A restaurációs ökológia szemszögéből tulajdonképpen valamennyi természetes faj csírázóképeségének ismeretére szükségünk lehet (Csontos és Kalapos 2006), hiszen az ökológiai egyensúly megteremtésében minden faj jelentőséggel bír, ha az egyik eltűnik, az más fajok fennmaradását is veszélybe sodorhatja, s nem tudjuk pontosan, hogy ez milyen következményeket vonhat maga után (Standovár és Primack

2001). Ezért az egyes növényfajok és életközösségek védelméhez elengedhetetlen a magvak biológiájának, így az adott fajok regenerációs képességének pontos ismerete (Csontos 2001). Igen kevésbé ismerjük a ritka, speciális életkörülmények között élő fajaink csökkent szaporodóképességének okát, a termett magok számát, csírázókéességét és a magok természetes reprodukciójának mértékét (Kricsfalusy és Kommendar 1990). Továbbá nem feledkezhetünk meg arról sem, hogy a populációk jelentős hányada magok formájában a terület természetes magbankjának részét képezi, és ezáltal egy terület regenerációjának alapját jelenti (Csontos 2001).

Értekezésemben a hazai flóra 5 különböző családból származó 23 vadon élő lágyszárú növényfajának különböző hőmérsékletű génbanki tárolókban őrzött, szárított magjainak csírázókéességének változását vizsgálom laboratóriumi és szabadföldi körülmények között. A választott tételek 2017-ben (a vizsgálat utolsó évében) 1-5 éve állnak tárolás alatt.

A vizsgálatban az alábbiakat tűztem ki célul:

1. A kiválasztott fajok csírázókéességének összehasonlítása a különböző génbanki körülmények (a 0 °C-os aktív és a -20 °C-os bázis tárolókban) között;
2. A kiválasztott fajok magjainak életképesség-vizsgálata természetes és laboratóriumi körülmények között;
3. A tárolt fajok esetében a tárolás előtt megállapított csírázási eredményektől jelentősen eltérő csírázási értékek okának (az életképességet befolyásoló tényezők) elemzése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az *ex situ* megőrzés jelentősége

Napjainkban egyre sürgetőbb feladatot jelent, hogy hatékony megoldást találjunk a biodiverzitás csökkenésének megállítására (Zheng et al. 1998), hiszen egyre nagyobb arányban vannak a leromlott és az átalakított élőhelyek (Vitt és Havens 2004), és a közeljövőben egyre nagyobb igény lesz a természeti erőforrásokra, ami tovább ronthatja az élőhelyek állapotát és egyre több fajt sodorhat majd a kihalás szélére (Havens et al. 2006). A klímaváltozás miatt a veszélyeztetett növényfajok száma jelenleg, a Millenium Seed Bank becslései szerint, 60.000-100.000 között van ([http1](#)), vagyis a növényvilág 20%-a tekinthető veszélyeztetett státuszúnak (Brummitt et al. 2015). Várhatóan ez a szám emelkedni fog, az élőhelyek eltartóképessége pedig csökken, így valószínűleg a védett területek a jövőben már nem biztosítanak elegendő védelmet a veszélyeztetett növényfajoknak (Guerrant et al. 2014).

A természetvédelemnek a biológiai sokféleség megőrzése érdekében alkalmazott módszerei többfélék. A természetvédelem két fő oszlopa az úgynevezett *in situ* és *ex situ* módszer. Az *in situ* azokat az aktív és passzív (vagyis nem beavatkozó) módszereket jelenti, amelyek az adott veszélyeztetett fajt (vagy fajokat, illetve populáció(ka)t) eredeti élőhelyén, annak megőrzésével, rekonstrukciójával stb. törekszik megővni. A módszer jelentősen hozzájárul a területek természeti állapotának megőrzéséhez, ami pedig kulcsfontosságú az inváziós növényfajok terjedésének megakadályozásában (Mihály és Botta-Dukát 2014). Az *ex situ* módszer az adott veszélyeztetett faj, vagy éppen a faj egyes populációinak megőrzését az eredeti élőhelytől távol, lehetőség szerint genetikailag reprezentatív állományok fenntartásával és szükség szerinti szaporításával éri el. Ennek elsődleges helyszínei növények esetében a magbankok, illetve botanikus kertek (Glowka et al. 1994). Szinte csak *ex situ* módon valósítható meg az olyan fajok szaporítása, amelyek magjai kihullásuk után azonnali vetést igényelnek (Simmons 1976). Az *on farm* megőrzés pedig a helyi körülményekhez alkalmazkodott fajták, tájfajták eredeti termőhelyükön, természet útján történő fenntartására alkalmazott módszer.

A Növényvilág Megőrzésének Világstratégiája a Biológiai Sokféleség Egyezmény részeként jött létre és került elfogadásra a Részes Felek Konferenciáján (Conference of the Parties) 2002. április 19-én, Hágában (VI. / 9. számú határozat) (GSPC, [http2](#)). Tekintve, hogy a 2010-re kitűzött célok közül nem mindegyiket sikerült elérni, a Stratégiát a Részes Felek 2010-ben felülvizsgálták és aktualizálták. Az új Stratégia, amely a 2011-2020. évekre szóló feladatokat és elérendő célokat határozza meg, a 8. cikkében azt fogalmazza meg, hogy „A veszélyeztetett növényfajok legalább 75%-a legyen elérhető *ex situ* gyűjteményekben – lehetőleg a származási országban –, és legalább 20%-uk legyen elérhető rekonstrukciós és visszatelepítési programok számára.”, tovább erősítve ezzel az *ex situ* megőrzés fontosságát és szükségességét (Radvánszky et al. 2010).

2018-ban Sharrock és munkatársai felülvizsgálták a 2020-as célokat és a 8. cikk vonatkozásában a következőket állapították meg (Scharrock et al. 2018). A világ legnagyobb botanikus kerti szervezete, a BGCI (Botanic Gardens Conservation International) adatai szerint 2018-ban közel 105.000 fajt őriztek botanikus kertekben, amely az ismert növényfajok közel 30%-át jelenti. Egy másik tanulmány szerint (Mounce et al. 2017) a veszélyeztetett növényfajok 41%-a található meg botanikus kertekben. Ezek nagyrészt az északi féltekén találhatóak, a trópusi fajok nagy része még hiányzik a gyűjteményekből.

A globálisan veszélyeztetett fajoknak mintegy 11%-a legalább egy intézményben megőrzött, de az endemikus fajok több, mint 50%-a nincs *ex situ* fenntartva a származási országában; így nincs biztosítva ezáltal a faj felhasználása rekonstrukciós célokra sem. A világ 74 országában, több mint 370 botanikai intézmény foglalkozik a vadon élő növényfajok magjainak megőrzésével (O'Donnell és Sharrock 2017). A veszélyeztetett fajok magjainak megőrzésére különösen nagy hangsúlyt szükséges fektetni. Néhány nemzetközi hálózat jelentős előrelépéseket tett a vadon élő növényfajok megőrzésében is, pl. a Millennium Seed Bank Project és a Millennium Seed Bank Partnership Project. Ennek köszönhetően mára 39.669 növényfaj 2.25 milliárd magját sikerült megőrizni, amelyek 189 országból származnak (http1, Liu et al. 2018). Az ENSCONET hálózat tevékenysége szintén kiemelhető, melynek segítségével 9.000 európai őshonos növényfaj mintegy 40.000 magtetele került megőrzésre.

2.2. A magbankok szerepe a megőrzésben és az élőhely-restaurációkban

A magbankok megfelelő, és egyre növekvő jelentőségű eszközei tehát a biológiai sokféleség megőrzésének, biztosítva a megőrzött magvak magas minőségét és maximális életképességét (Godefroid et al. 2010, Guerrant et al. 2014). Jelentőségük egyre nő, mivel igen gazdaságos eszközei az *ex situ* megőrzésnek; nagyobb genetikai diverzitás biztosítható, mint az élő gyűjteményekből történő gyűjtéssel. A magok kisebb helyen tárolhatóak, mint az élő növények és hosszú távon életképesen megőrizhetőek (O'Donnell és Sharrock 2015). Feltételezhető, hogy természetes élőhelyek fajainak genetikai anyaga szintén reagál a környezeti változásokra, de a génbankokban megőrzött anyagok esetében minimalizálhatóak ezek a változások (Shoen et al. 2001). Különösen fontos a megfelelő magszám megléte annak érdekében, hogy a minta tartalmazza a ritka és hasznos géneket, illetve, hogy a genetikai diverzitása tükrözze a populáció diverzitását. Smith és munkatársai (2011) szerint az *ex situ* megőrzési technikáknak köszönhetően lehetőség van valamennyi, kihalással fenyegetett faj megőrzése.

Ugyanakkor – a fent említettek mellett – A Növényvilág Megőrzésének Világstratégiája a 4. célkitűzésben előírja minden vegetációtípus legalább 15%-ának helyreállítását is. Mindez megnöveli a magokon alapuló restaurációk jelentőségét (Broadhurst 2015). Emiatt a magbankok - a megőrzése mellett - rendkívül fontos szerepet töltenek be az élőhelyek rekonstrukciójában, a fajok visszatelepítésében, már visszaszorult, kis populációk helyreállításában (Radvánszky et al. 2010). A gyepek különös jelentőségűek ebben a tekintetben, mivel Európa legfajgazdagabb élőhelyei, ugyanakkor a legnagyobb mértékben degradálódtak és legkevésbé védettek (EEA 2010).

Hazánkban is a természetvédelem aktuális feladatai közé tartozik a természetközeli gyepek területének növelése a megmaradt állományok megőrzése, amelynek leggyakoribb módszerei a spontán szukcesszió támogatása, a szénaráhordás és az alacsony vagy magas diverzitású magkeverékek vetése. Magkeverékek vetésével rövid idő alatt, költséghatékony módon, nagyobb összefüggő területeken lehet záródott, természetes fajokból álló gyepeket létrehozni. Attól függően, hogy csupán vázfajokból álló vagy egy diverzebb fajkészletű gyep létrehozása a cél, alkalmazható a csak a vázfajok propagulumaiból álló alacsony, vagy a színező elemek magvait is tartalmazó magas diverzitású magkeverék. A módszer hátránya, hogy nagy eszközigényű, komoly technikai tudást igényel és problémás lehet a szaporítóanyag beszerzése (Deák és Kapocsi 2010). Nagyobb területek restaurációja esetén, a legjobb módszernek az bizonyul, ha alacsony diverzitású magkeveréket alkalmazunk a területen, majd kisebb foltokba pedig fajgazdagabb keveréket használunk (Török et al.

2011). Vizsgálatok azt is megerősítették, hogy a száraz gyepeknek alacsony denzitású a magbankja, főleg tranziens fajok alkotják, a perzisztens fajok száma kevés, ezek közül is csak néhány gypalkotó faj található meg bennünk (Kiss et al. 2017). Csontos és munkatársai (Csontos et al. 1996) feketefenyvessel borított dolomit sziklagyepek magbankját vizsgálták, ahol szintén megfigyelhető volt a talajmagbank elszegényedése, és a perzisztens magbankú sziklagyepi fajok alacsony száma. Épp ezért ebben az esetben külső propagulum forrás szükséges a restaurációhoz, így a magvetés gyakran alkalmazott módszer. Sok esetben azonban nem áll rendelkezésre a származási hely közelében elegendő maganyag (de Vitis et al. 2017) a talajmagbank kimerülése miatt (Kiehl et al. 2010), amely - különösen a nagyléptékű - visszatelepítési projekteknél okoz komoly problémát (Valkó et al. 2016). Az idegenhonos fajokat tartalmazó, ill. ismeretlen eredetű magkeverék alkalmazása pedig semmiképpen nem ajánlott (McDonald et al. 2016, Kiehl et al. 2010), különösen pl. a Natura 2000 hálózathoz tartozó területeken. A problémát tovább nehezíti a megfelelő fajösszetételű és a hasznosítási helynek is megfelelő magkeverék előállítása, amely még költségesebb és nehezebb feladat, mint a hagyományos magtermesztés (Krautzer et al. 2010). Kereszty és Galántai vizsgálatai szerint ráadásul a védett, ritka fajok esetében a generatív szaporítás lényegesen gyengébb eredményt mutat, mint a vegetatív módszerek. Szerintük a természetes populációk felújulásának a magok csökkent csírázóképesége is gátja (Kereszty és Galántai 1994).

Bár a magbankokban a diverzitás és a magok minősége kulcsfontosságú, a megőrzött anyagok jelentősége nemcsak ezen múlik, hanem a minták hozzáférhetőségén kutatási, reintrodukciós és élőhely helyreállítási célokra, amelyekhez esetenként nagyobb mennyiségű mag szükséges (Ladouceur et al. 2017). Merritt és Dixon (2011) részletesen foglalkozott a fenti problémával, és már 2011-ben egy új irányt jelöltek ki a génmegőrzésben belül, az ún. restaurációs génbankok létrehozásának gondolatával, amelyekben akár 10-100 tonna mag is tárolható lenne, és így képesek lennének nagyléptékű restaurációs projektek támogatására. Vagyis a génmegőrző intézményeknél fontos lenne a fókusz a „szimpla” fajmegőrzésen túl a tájleptékű restaurációs célú megőrzésre, felhasználásra (is) helyezni.

Azonban problémaként fogalmazódnak meg ezzel kapcsolatban a következők:

- hiányosak az információk a vadon élő növények magvainak fenológiai fejlődésével, érésével kapcsolatban,
- amely a magvak nem megfelelő időben és állapotban történő begyűjtését eredményezheti;
- hiányos dokumentáció áll rendelkezésre a magvak begyűjtéskori állapotáról, életképességéről, így nehezen lehet következtetni a magvak később felhasználhatóságára;
- sok esetben probléma a magnyugalom megszüntetése;
- a nem megfelelő kezelés és tárolási körülmények szintén nagyban ronthatják a magok későbbi felhasználását;
- a felnevelt egyedek aránya nagyon alacsony az elvetett magok számához képest (Merritt és Dixon 2011).

Fontos hangsúlyozni, hogy a magbanki gyűjtemények rengeteg – másképpen nem hozzáférhető – adattal rendelkeznek a fajokról, ilyenek például a gyűjtés helye, élőhely jellemzői, csírázási és életképességi információk, valamint a magok kezelésével kapcsolatos szakértelem. Mindezek tovább növelik a megőrzött anyagok értékét, hiszen ezek az információk kiemelkedően fontosak lehetnek a magok gyakorlati felhasználása során (Ladouceur et al. 2017). Hiszen még ha rendelkezésre is áll génbanki anyag a sikertelen csírázás kockázata még így is magas, amely eredhet

klimatikus hatásokból, rovarkártételből, a mag rossz minőségéből vagy összetett dormancia folyamatokból, meggátolva így az ökológiai restaurációk eredményességét.

Chapman és munkatársai (2019) az alábbiakban foglalták össze a nagyobb mennyiségű magkészlet előállításával, felhasználásával kapcsolatos főbb problémákat és megoldási lehetőségeket (1. táblázat):

1. táblázat: A génbank anyagok felhasználásával kapcsolatos nehézségek és lehetséges megoldásaik (Chapman et al. 2019)

Nehézségek	Megoldások
A genetikailag diverz, ismert eredetű állományok hozzáférhetősége korlátozott.	<ul style="list-style-type: none"> - magok begyűjtése természetes állományokból vagy felszaporításból - felszaporítási területek létrehozása - maggyűjtési technikák oktatása, ismertetése
Dormancia mechanizmusok, szaporítási ismeretek hiánya, amelyek gátolják a sikeres csírázást.	<ul style="list-style-type: none"> - csírázási adatok és szaporítási módszertanok kidolgozása és megosztása - előkezelési módszerek kutatása - szaporítási ismeretek átadása
Egyes fajok fejlődési igénye még nem ismert.	- laboratóriumi és szabadföldi vizsgálatok az őshonos fajok nevelésére vonatkozóan
A felszaporítás csökkenti a regenerált állományok diverzitását.	- genetikai vizsgálatok a diverzitás csökkenésének azonosítására a felszaporítások során
A felszaporítások során csökkenhet a magok életképessége.	<ul style="list-style-type: none"> - a magfeldolgozás és tárolás technikai hátterének fejlesztése - a magvak életképességének, minőségének rendszeres ellenőrzése - a magvak vizsgálatával kapcsolatos előírások (pl. ISTA szabvány) ismerete, fejlesztése

2.3. A vadon élő növényfajok magjainak csírázóképesége

A dolgozatban csírázóképeség alatt a csírázásra képes magok aránya értendő (“viability”), míg a csírázóképeség megőrzésének idejét élettartamnak (“longevity”), a kettőt együtt pedig életképességnek nevezzük (Murdoch és Ellis 2000). Valamint még fontos fogalom a vigor (életerő), amelynek definícióját Woodstock tökéletesítette, amely szerint “a vigor a mag mindazon tulajdonságainak összessége, amely kedvező a gyors és egyöntetű növényállomány megjelenésére szántóföldön” (Woodstock 1969).

A vadon élő növényfajok közül elsősorban a gyommagvak csírázásbiológiája számít különösen kutatottnak a hazai szakemberek körében. A téma hazai feldolgozottságát Magyar (2013) foglalta össze, aki 142 publikációt rendszerezett a témában, az első Károly Rezső 1905-ben megjelent aranka (*Cuscuta*) monográfiája. A hazai gyomnövények csírázásbiológiájának vizsgálatával kapcsolatban mérföldkőnek tekinthetők Czimber (1964, 1965), Bencze (1969) Szabó (1980), valamint Szekeres (1976) és Solymosi (1981) kutatásai, továbbá Hunyadi Károly és munkatársainak (2000) munkássága szintén kiemelendő. Magyarországon ez idáig összesen 88 gyomnövényfaj csírázásbiológiáját vizsgálták, közülük legtöbb publikáció a *Chenopodium album*, a *Galium aparine* és az *Amaranthus retroflexus* fajokkal kapcsolatban látott napvilágot.

A rendszerváltás előtti időszakban elsősorban a szántóföldeken jelentős gazdasági kárt okozó gyomfajok álltak a kutatások középpontjában, míg a 2000-es

évektől egyre több vizsgálat foglalkozik az adventív, valamint özön gyomfajok csírázásökológiai kérdéseivel (Magyar 2013).

Az érett magvaknak az a tulajdonsága, hogy a legjobb feltételek között sem csíráznak ki mind egyszerre, a vadon élő növények leghatásosabb biztosítéka a faj fennmaradására. A hosszú idő óta termesztett növényeink ezt a tulajdonságot elvesztették, ezért még akkor sem élnek meg, ha egyébként az életfeltételeik adottak, mert magjaik az első adandó alkalommal mind kicsíráznak, és ha kedvezőtlen hatás éri őket, el is pusztulnak. A fiatalabb kultúrnövények, pl. a somkóró ilyen szempontból még nem „tökéletesek”. Ha gyomnövényeink ilyen természetűek volnának, igen könnyen kiirthatnánk őket 1-2 év alatt. Náluk viszont e jelenségnek pont a fordítottját találjuk, legnagyobb részük a csírázás vontatottságában még a legtöbb vadon élő növényfajon is túltesz.

Az egyéves fajok magvainak érdeke gyorsabban reagálni a csírázás optimális környezeti feltételeire, mint az évelőknek. A korai csírázás kompetíciós előnyt jelenthet a késleltetett csírázással szemben a környezet limitált tápanyagainak hasznosításában, aminek fokozottabb szerepe van az egyévesek túlélésében, mint az évelőkében (Abraham *et al.* 2009). Ezt támasztják alá Grime és munkatársainak (1981) eredményei is, miszerint az egyévesek csírázási rátája magasabb, mint az évelőké. Az eredményeket tovább magyarázza Baskin és munkatársainak (1998) vizsgálata, amelyben egyéves és évelő fajok összevetésekor azt találta, hogy az egyévesek viszonylagosan kevesebb dormans magot produkálnak, mint az évelők.

A természetes magbankokra vonatkozó vizsgálatokból bizonyított, a természetes flóra magjainak gyakran elnyújtott a csírázása, amely alapján megállapítható, hogy a talajban akár több évnnyi magmennyiség is felhalmozódhat (Csontos 2001).

Az is természetes, hogy a magvak élettartama nemcsak fajonként, hanem a körülmények szerint is nagyon változik, még a talajban való tároláskor is. Több vizsgálatból az derül ki (pl. Beal-féle tartamkísérlet, Kivilaan és Bandurski 1981), hogy egyes fajok magvai a talajban, főleg az altalajban egészen hosszú ideig (50-100, sőt több évig is) megtarthatják csírázókéességüket. A legtöbb gyomnövény magja igen hosszú életű. Bár az élettartamukra vonatkozó irodalmi adatok sok esetben egymásnak ellentmondóak, a csírázókéesség hosszú ideig való megőrzése jellemző. Az ide vonatkozó számtalan csírázási eredményből megállapítható, hogy a fajok csak kisebb része veszt el a csírázókéességét 3-5 év alatt. Nagy részük 5-20 évig, míg egy bizonyos hányaduk 20, sőt 50 év múlva is csírázóképes (Csontos 2001). Kozma kísérletei rávilágítanak arra, hogy a magvak életképességét a talajtípus is befolyásolja (Kozma 1922).

A gyommagvak egy részénél ismert az a jelenség, hogy érés után a mag még nem csírázóképes, hanem különböző belső átalakulások után válik azzá. Ezeket a magvakban végbemenő folyamatokat a külső tényezők (nedvesség, hőmérséklet, fény, a talaj oxigén- és széndioxid tartalma stb.) befolyásolják (ld. bővebben: Szabó *et al.* 1980). Ezt illetően azonban még egy növényegyed magvai között is különbségek vannak azonos körülmények között. Egyikben lassabban, másikban gyorsabban mennek végbe ezek az utóérési folyamatok. A csírázásra érett állapotot így a talajban lévő magvaknak csak egy kisebb része éri el a megadott időre, a többi nyugalomban marad. Ha a csírázásra érett magvak csírázásához a külső körülmények nem kedvezőek, akkor az a folyamat, amely végbement bennük, megakad és a magnyugalom fennmarad (Ujvárosi 1973a).

Több szerző szerint (pl. Odum 1974 in Csontos 2001) a hajtás során a csíranövények döntő többsége az első 3-4 hétben jelent meg, és a vegetációs időszak végére a csírázás véget ért, ez azonban nem feltétlenül jelenti azt, hogy a talajban nincsenek már életképes magvak. Több szerző (Grime *et al.* 1981, Baskin és Baskin

1989 in Csontos, 2001) is említi, hogy olyan ideális csíráztatási körülmény nem állítható be, amely egy vizsgálandó talajban előforduló összes mag csírázásához egyaránt optimális. Még az "igénytelenek" nevezhető gyomnövények (Bencze 1969, Szabó 1980) esetében sem igaz, hiszen egy magmintában is előfordulhatnak különböző dormancia állapotú magvak (Baskin és Baskin 1996 in Csontos 2001). Főleg az őszi kelésű fajoknál figyelte meg Roberts és Neilson, hogy éppen a nyári hőség hatására szűnik meg a dormancia (Roberts és Neilson 1982 in Csontos 2001).

Szabadföldi körülmények között a gyommagvak csírázásának szezonális menete van. A mérsékelt éghajlati övben a csírázás periodicitásának szabályozásában a hőmérséklet a legfontosabb külső faktor. A nyári egyévesek magjai ősszel primer dormanciában vannak. A nyugalmi állapot a téli hideg hatására megszűnik és tavasszal megtörténik a csírázás. A nyári meleg a magvakban szekunder dormanciát indukál. Az ősszel beérett magvak csak a következő év tavaszán, a növekedésre kedvezőbb feltételek között csíráznak ki. A téli egyéves gyomnövények magjai ezzel szemben tavasszal primer dormanciában vannak. A csírázás csúcsa ezért ősszel van, télen pedig az alacsony hőmérséklet hatására a magok szekunder nyugalmi állapotba kerülnek (Hunyadi et al. 2000).

Nem véletlenül vélekedik több restaurációs ökológiával foglalkozó szerző is úgy, hogy bár a talajmagbankok jelentősége kiemelten fontos, azonban a sikeres restaurációhoz önmagában nem elegendő csak a talajmagbankra támaszkodni, mindenképpen szükséges a külső (mesterséges) szaporítóanyag input is, tekintve a spontán regeneráció időigényét (Stroh et al. 2012, Wang et al. 2010).

2.4. A növényi magvak élettartama

A génforrások tartalékként való megőrzésének módja a magtárolás (Harrington 1972). A mérsékelt égövi növények többsége a magvak tárolhatósága szempontjából ún. „ortodox” típusú, amelyekre jellemző, hogy nedvességtartalom és a tárolási hőmérséklet csökkentése tárolási élettartamukat jelentősen növeli (Roberts 1973). A nemzetközi szabványok szerint az ortodox fajok magvai hosszú távon megőrizhetőek -18 °C-on, 3-7%-os nedvességtartalom mellett (FAO/IPGRI 1994). A magvak ortodox tulajdonsága egyre növekvő jelentőséggel bírhat az élőhely rekonstrukciók során, ahol a klímaváltozás negatív hatásai miatt a szükséges magmennyiségek egyre nehezebben fedezhetőek közvetlenül begyűjtésből.

A növényfajok egy adott csoportjának termései, illetve magjai szárítás hatására elpusztulnak, ezek az ún. rekalcitráns fajok. Az intermedier típusú magvak 7-12%-os magedvesség-tartalomig száríthatóak, ezt meghaladóan már jelentősen csökken a magvak túlélése (Hong és Ellis 1996). A magbanki technológiák és gyakorlatok fejlődésének köszönhetően a megőrzés már kiterjed a rekalcitráns és az intermedier típusú magvak megőrzésére is (Guerrant et al. 2014). Berjak és Pammenter szerint a rekalcitráns tulajdonság több, mint pusztán a szárításra való érzékenység. A rekalcitráns fajok magvai a kipergés után még metabolikusan aktívak, szemben az ortodox fajok magjaival, amelyek ekkor nyugalomba kerülnek. Mindez alapvetően meghatározza ezek későbbi kezelését, tárolhatóságát. A rekalcitráns magok olyan hidratálást igényelnek a tárolás során is, mint amely a kihullásukkor érheti őket. Azonban a hidratált körülmények között történő tárolás számos nehézséget felvet, pl. kedvez a gombák megjelenésének, rontja a magvak minőségét (Berjak és Pammenter 2008).

Továbbá a magvak szárításra való érzékenysége egy különösen fontos növényi jelleg, ami kulcsfontosságú a fajok regenerációja során is. Míg a szárítást toleráló fajok szerte a világon megtalálhatóak a leggyakoribb élőhelyeken, a szárításra való érzékenység élőhelyhez köthető növényfaji tulajdonság. Tweddle és munkatársai

(Tweddle et al. 2003) által készített tanulmány eredményei szerint, a száritásra érzékeny fajok magjai elsősorban a nedves élőhelyekhez köthetőek azon területeken, ahol nem jellemző az évszakosság, és a fagypon alatti hőmérséklet.

Mindezekből az is következik, hogy a száritást kevésbé toleráló fajok kevésbé rugalmasan képesek reagálni a kedvezőtlen környezeti hatásokra, vagyis szelekciós hátrányban vannak a száritást toleráló fajokhoz képest. Wyse és munkatársai (2016) azt is megállapították, hogy az alacsonyabb taxonómiai szinten lévő fajok között, mivel ezek többé-kevésbé egységes populációkat képeznek (monomorfok), jellemzőbb a száritásra való érzékenység. Ez a tulajdonság családok szintjén is megőrzött növényi jelleg, vagyis taxonómiai alapokhoz köthető, ami különösen jelentős lehet abból a szempontból, hogy az egymáshoz közel álló fajok növényi jellegét ismerve, következtetni lehet a még ismeretlen száritási tulajdonságokkal rendelkező fajok ezen viselkedésére.

Továbbá a száritásra érzékeny fajok hasonló élőhelyi körülményekkel és regenerációs potenciállal rendelkeznek. Számításaik szerint, a száritásra érzékeny fajok aránya a magvas növényeken belül világviszonylatban kb. 8%-ra tehető. Más források (pl. Hill et al. 2012) szerint, ez az arány 50%. Wyse és Dickie (2016) által vizsgált 5.000 lágyszárú növény 99%-a száritás-toleránsnak bizonyult, a néhány száritásra érzékeny faj évelő, és döntő többségben az amarilliszfélék családjába tartozó hagymás geofiton volt.

2.5. Az életképességet és élettartamot befolyásoló tényezők

A genetikai leromlás nemzetközi szinten is fontos kérdés a génbanki megőrzésnél. Az egyik tényező, amely a genetikai leromláshoz vezet, a csírázóképeség csökkenésének nem megfelelő gyakoriságú ellenőrzése. Ennek legjobb eszköze a csíráztatás, amely egyben hatékony és gyors módszere is a tárolás során fellépő problémák kiszűrésének (Walsh et al. 2003). Az életképesség több genetikai és környezeti tényező kölcsönhatásától is függ, az optimálisan csíráérett állapotot általában csak a magok kis százaléka éri el. Az érési környezet a magok minőségén keresztül befolyásolja az életképességet.

A genetikai tulajdonságokon kívül, a mag életképességét nagyban befolyásolják a mag érése során az anyanövényre, illetve az érés után a magra ható környezeti tényezők is (Akhalkatsi és Lösch 2005). Bár valószínűsíthető, hogy a magok életképességét csak az érésüket megelőző extrém környezeti tényezők (csapadék, a hőmérséklet, a tápanyagok mennyisége és eloszlása) befolyásolják lényegesen. A magvak élettartamát döntően befolyásolja a hőmérséklet, a nedvességtartalom és az oxigén nyomás, bármely faktor csökkentése meghosszabbíthatja az élettartamot (Roberts 1973). Bencze vizsgálatai igazolták, hogy a széndioxid felhalmozódása a talajlevegőben gátlólag hat a mag légzésére, és ennek következtében a csírázásra (Bencze 1969).

Ugyanakkor több szerző (Walsh et al. 2003, Walters et al. 2005) is említi, hogy a csírázási körülmények szignifikánsan eltérhetnek a populációk között, és nem fajspecifikusak. Így az ugyanazon fajhoz tartozó tételk eltérő csírázási képessége megmutatkozhat azok eltérő tárolhatóságában is. A különbségek oka egyrészt genetikai okokra vezethető vissza, de környezeti hatások vagy a különböző mértékű dormancia is okozhatja (Baskin és Baskin 2014). A magvak életképességének meghatározásához nem elegendő csak a megfelelő csíráztatási módszer ismerete, de tudnunk kell a magnyugalom feloldásának a módszerét is (Crawford et al. 2007). Ha egy családon belül valamely fajnak nem ismertek még a csírázási igényei a kongenerikus fajok csírázási igényei iránymutatást jelenthetnek a dormancia típusra és a csírázási körülményekre vonatkozóan (Baskin és Baskin 2014).

Az alábbiakban az életképességet befolyásoló főbb tényezőket tekintem át.

2.5.1. *Érettség*

A morfológiailag érett mag nem mindig csírázóképes. A magban, miután *morfológiai érettségét* elérte, még fiziológiai változások mennek végbe, s csak a teljes csírázóképeség elérése után tekinthető *fiziológiailag érettnak* (Com 1970, Grahl 1969). A legtöbb pázsitfűféle és nagyon sok más növényfaj magja is utóérésen megy át. Az utóérés ideje alatt a csíra nyugalmi állapotban van. Az utóérés és vele az elsődleges csírányugvás időtartama fajonként más, s befolyással vannak rá a környezeti tényezők. A teljesen érett magok, amelyek magas kezdeti csírázási százalékkal rendelkeznek, hosszabb ideig megőrzik az életképességüket, mint az éretlenek. Míg a gyakori, elterjedt fajok esetében ismert a magok érésének időpontja, addig a ritka fajok esetében ez kevésbé kutatott. Ráadásul az érés időpontja változhat az időjárási körülmények függvényében, továbbá a klímaváltozás hatására módosulhat a fajok virágzási és termésérési időpontja is.

Az éretlen magok rosszabbul tolerálhatják a hűtött körülményeket és hamarabb jelenhet meg a magok felszínén gombás fertőzés (Godefroid et al. 2010). A magvak fejlődése során alakul ki a szárítást tűrő képességük, így a túl korán begyűjtött magok tárolhatósága gyengébb lesz (Hay és Smith et al. 2003). A magok túl korai betakarítása alacsony eltarthatóságot és alacsony vigort eredményezhet, de a túl késői betakarítás szintén kedvezőtlenül hathat a magok minőségére. A maggyűjtés során sokszor viszont gyakran szükséges - az elpergés megelőzése miatt - magok teljes érettség előtti betakarítása, ezáltal növelve a mintákban a hosszú távú tárolásra alkalmatlan magvak számát (Hay és Probert 2013).

2.5.2. *A magvak tárolási ideje és életképessége*

A génbanki körülmények között tárolt (elsősorban kultúrnövény) magvak életképességével több kutató is foglalkozott, így például Ruiz, aki árpa, búza és zab magok élettartamát vizsgálta, 10 éves génbanki tárolást követően (Ruiz et al. 1999), vagy Hay, aki a rizs, ill. Kiran Babu és munkatársai, aki a szója magvainak életképességét tanulmányozta 30 év tárolást követően (Hay et al. 2012, Kiran Babu et al. 2018). Moyo és munkatársai szabadföldi vizsgálatok során szignifikáns különbségeket találtak a cirok magok vigorjában, 10 éves tárolást követően (Moyo 2015).

Hay és munkatársai a rizs (*Oryza sativa*) életképességét vizsgálták 30 éves génbanki tárolást követően, ahol a tételeket aktív (2-4 °C) és bázis (-10 °C, majd a későbbiekben -20 °C) tárolókban őrizték. A bázis tárolókban őrzött tételek csírázási átlaga általában magas volt (70% feletti), míg az aktív tárolókban őrzött tételek nagyobb változatosságot mutattak a csíráztatások során. Azt is megfigyelték, hogy a bázis tároló duplikátumainak, amelyeket egy másik génbankban őriztek -18 °C-on, gyengébb volt a csírázási képessége, feltehetően a szállítás során bekövetkező visszanedvedesedésük (magasabb egyensúlyi víztartalom) miatt (Hay et al. 2012).

Walsh és munkatársai (2003) 15, írországi veszélyeztetett növényfaj 22, -18°C-on őrzött génbanki tételét vizsgálta, és 6-7 éves tárolást követően 71%-os csírázási átlageredményt kaptak.

A vadon élő fajok magvainak túlélésével kapcsolatban Godefroid és van Treuren vizsgálatai emelhetőek ki, akik 25 év elteltével tanulmányozták ismét a génbanki tételek életképességét (Godefroid et al. 2010, van Treuren et al. 2013). A magvak életképességének rendszeres monitorozása egyértelműen bizonyította a csírázási képességben bekövetkező változásokat. Alacsony hőmérsékleten és nedvességtartalom mellett a magvak életképessége szignifikánsan csökkent 30 év

elteltével (Walters et al. 2005, van Treuren et al. 2013). Probert és munkatársai a Millennium Seedbank-ben tárolt 2.388 magminta csírázási képességét ellenőrizték 20 év elteltével, és eredményeik szerint a minták 86%-a megőrizte az életképességét (Probert 2003). Továbbá Crawford és munkatársai az ausztrál vadon élő flóra -18 °C-on tárolt magvainak életképességét vizsgálták a betároláskor és az azt követő években. Megállapították, hogy a középtávú (5-12 év) tárolás során a fajok 90%-a megőrizte a kezdeti csírázási értékét, illetve rövidtávon (<5 év) sem csökkentek az értékek (Crawford et al. 2007).

Az élettartam több tényezővel is összefüggésben áll, így például a magvak érettségével, azok esetleges sérülésével a betakarítás vagy kinyerés során és az utóérés körülményeivel (Godefroid et al. 2010), míg a magvak olajtartalma nem befolyásolja azt (Probert et al. 2009). Probert és munkatársai (2009) 195 fajjal végeztek összehasonlító vizsgálatokat. Kimutatták, hogy a magvak tárolási élettartama összefügg a magok struktúrájával és magok gyűjtési helyének klimatikus viszonyaival. A szerző alacsony tárolási élettartamokat tapasztalt az Asteraceae és Fabaceae családokban. Azt is megfigyelték, hogy a magvak élettartama között fajok között eltérések lehetnek, ennek ismerete elengedhetetlen a gyűjtemények hatékony megőrzéséhez. Különösen fontos ez a vadon élő növényfajok esetében, ahol a populációk genetikai heterogenitása miatt az életképesség csökkenése egyes genotípusok elvesztéséhez vezethet egy tételen belül (Walters 2003). Annak ellenére, hogy ma már világszerte számos génbank létesült, az ilyen jellegű adatok még mindig ritkák, mivel a magvak öregedése a kezdeti stádiumban még "tünetmentes", vagyis nehezen detektálható. Több év is eltelhet, mire a csírázási képességben drasztikus csökkenés következik be (Walters et al. 2005). Míg a csírázóképeségben mutatkozó csökkenés nem minden esetben vezet vigor-csökkenéshez, addig a magvak fiziológiai öregedése veszélyesebb folyamat, mivel a felhasználó csak a hiányos szántóföldi állomány nyomán vesz tudomást a vigor csökkenéséről, mivel a magtétel a - korát tekintve - még nem lehetne gyenge értékű (Szabó 1980).

Feltételezhető, hogy azon fajok magvai, amelyek nagyobb mértékű perzisztenciát mutatnak a talajban, hosszabb életűek lehetnek a tárolás során (Probert et al. 2009). Nagy különbségek lehetnek az egyes családok között, de még családon belül is lehetnek olyan fajok, amelyek viselkedése jelentősen eltér a család többi tagjától (Van Treuren et al. 2013). Walters megállapította, hogy egyes családok magjai eredendően rövid életűek (pl. *Apiaceae*, *Brassicaceae*), míg mások hosszú életűek (pl. *Malvaceae* vagy *Chenopodiaceae*), illetve azon fajok, amelyek hideg, mérsékelt éghajlatról származnak, hajlamosabbak rövid élettartamú magvak termelésére, míg a meleg, száraz éghajlatról származó fajok magvai hosszabb élettartamúak. Ebből következően a meleg, száraz környezetből származó magok alkalmasabbak lehetnek a génbanki tárolásra, mint a hűvös, nedves környezetből valók (Walters et al. 2005). Probert vizsgálatai alátámasztják, hogy a kis embriójú maggal rendelkező fajok, amelyek hűvös és nedves klimatikus viszonyok közül származnak, nagy valószínűséggel rövid életűek a száraz tárolás során (Probert et al. 2009).

A vadon élő növényfajok magvainak öregedése nagyban rontja a visszatelepítések eredményességét, továbbá a magvak öregedése azok genetikai állományának módosulásával is járhat, amely ezáltal csökkentheti a visszatelepített vegetációk biodiverzitását (Merritt et al. 2003). Kiran Babu és munkatársai írták le, hogy a 3-7% nedvességtartalomig szárított, -18 °C-on tárolt tételek esetében a tárolást követően a metabolikus folyamatok nem állnak le, hanem nagyon lassú ütemben zajlanak tovább. Ennek üteme eltérő lehet az egyes tételek esetében, amely miatt azok eltérő ütemben öregszenek, amely megmutatkozhat a tételek eltérő csírázási eredményeiben (Kiran Babu et al. 2018). A magvak öregedését számos, változó (természetes és mesterséges) környezetben vizsgálták (pl. Ellis et al. 1991, Nagel és

Börner 2010). Megállapítható, hogy a magvak életképessége az idő függvényében változik, amelyet befolyásolhat a faj, a tárolási hőmérséklet és a relatív páratartalom (Ellis et al. 1991, Nagel és Börner 2010). Kérdéses, hogy a kísérletek során a magvak eltarthatóságáról nyert információk alkalmazhatóak-e a génbanki körülmények között tárolt magokra, tekintve, hogy a hanyatlási mechanizmus itt más lehet (Freitas et al. 2006).

A magok korának növekedésével esetenként felléphet a csírázóképeség csökkenése (Godefroid et al. 2010), illetve a fizikai dormancia különböző mértékben fel is oldódhat (Baskin és Baskin 2014). Pérez-Garcia és munkatársai a Brassicaceae család 15 fajának csírázóképeségét vizsgálták frissen és 40 éves tárolást követően, különböző csíráztatási módszereket alkalmazva. Adatsoraikból jól látható egyes fajok rendkívül ingadozó csírázási teljesítménye az egyes években, ill. kiemeli a megfelelő csíráztatási protokoll fontosságát, amely jelentős mértékben növelheti a csírázási eredményt (Pérez-Garcia 2009).

Kiss és munkatársai (2018) 20, szárazon tárolt szárazgyepi faj csírázóképeségét vizsgálták a gyűjtést követő három évben. 11 faj esetében szignifikáns változás következett be a csírázóképeségben.

Baskin és Baskin (1998) magokról szóló monográfiájában szintén arról ír, hogy alacsony hőmérsékleten, száraz körülmények között tartva lassíthatóak a magvakban lejátszódó fiziológiai folyamatok, azonban ilyenkor célszerű tárolás előtt és után is ellenőrizni a magok csírázási képességét. Egyes fajoknál a csírázási eredmények javulását találták a száraz tárolást követően, pl. a *Dactylis glomerata* vagy egyes *Berberis* fajok esetében.

2.5.3. *Víztartalom*

A levegő relatív vízgőztartalmával egyensúlyban kialakult magvíztartalom értéke minden faj magjánál különböző, az adott fajra jellemző érték. Alacsonyabb hőmérsékleten a nagyobb relatív vízgőztartalom miatt a magvak víztartalma is nagyobb lesz. A levegő relatív vízgőztartalmából következtethetünk a magvak víztartalmára. Szárításkor az un. szabad vizet távolítjuk el. Kritikus szárítási pontnak azt az értéket nevezzük, amikor a víztartalom olyan kicsi lesz, hogy megközelíti a plazmakolloidokhoz kötött víztartalmat. Ennél az - egyébként fajspecifikus - víztartalom értéknél maximalizálható meghatározott hőmérsékleten a magvak eltarthatósága. Ez az érték valamennyi faj esetében egy állandó relatív páratartalom értékhez kapcsolódik, és fordított arányban áll a magvak lipid tartalmával (Walters és Engels 1998).

Számos, az ortodox fajokkal foglalkozó vizsgálat támasztja alá (pl. Ellis et al. 1991), hogy van egy kritikus víztartalom (kb. 10% relatív páratartalom, 20 °C-on), amely maximalizálja az eltarthatóságot bármilyen hőmérsékleten, viszont ez alatt az érték alatt már romlik a magvak eltarthatósága. Vertucci szerint (Vertucci és Roos 1990) 19-27% relatív páratartalom (RH) mellett biztosítható a magvak maximális eltarthatósága. Ellis és Hong szerint ez az érték lényegesen alacsonyabb 10-11% RH (Ellis et al. 1991). Más vizsgálatok szerint (pl. Walters 1998), ez az optimális nedvességtartalom-érték 20%-os relatív páratartalomnál érhető el, az ehhez tartozó hőmérsékleten, és az optimális nedvességtartalom-érték növekszik, ahogy a hőmérséklet csökken. Míg Ellis és munkatársai (Ellis et al. 1989) szerint a víztartalom nem változik jelentősen a hőmérséklet függvényében, és az optimum érték alatt sem nő jelentősen a magvak leromlási aránya, Walters szerint azonban a túlszáradás miatt károsodnak a sejtmembránok, amely a magvak leromlásához vezet (Walters 1998).

2.5.4. *Magnyugalom*

A talaj tele van élő, de pihenő magvakkal, ez a magnyugalom felelős a magvak életben tartásáért csírázásra alkalmatlan körülmények között. A frissen kifejlődő magok érésük utolsó fázisát dormans állapotban töltik, ezt nevezzük elsődleges (primer) dormanciának, amely lehet exogén, vagyis a környezet által erősen befolyásolt okokra visszavezethető, vagy endogén, külső hatásoktól független magnyugalom, amely a magvak belső tulajdonságaiban rejlik, bonyolult élettani folyamatok függvénye. Ez a valódi magnyugalom (dormancia) (Baskin és Baskin 2004).

Az exogén magnyugalmat előidézhetheti a talaj szárazsága, tömődöttsége, oxigén szegénysége, a magvak eltemetődése stb. Az exogén magnyugalmat a mag vagy termés héjának fizikai, kémiai vagy mechanikai tulajdonságai okozzák. Ezek közül a legismertebb a termés- vagy maghéj fizikai sajátosságai által kiváltott keményhájúság, amely különösen jellemző a pillangósvirágúak családjának tagjainál (Czimer 1970, Jayasuriya et al. 2013).

Endogén magnyugalom esetén az embrió vagy a táplálósövetek fizikai vagy kémiai sajátosságai miatt nem következik be a csírázás. Előfordul, hogy a csírázás megindulásához az embriónak kell továbbfejlődnie a magban. Az is lehet, hogy az endospermiumban vagy a csírában vannak gátló anyagok. Ez a fiziológiai magnyugalom. Egyes esetekben érés után a mag anyagainak átrendeződése szükséges és csak ezután történik meg a csíraérettség. Ezek a folyamatok a külső tényezőkkel való összefüggésük miatt, ha nincsenek meg a megfelelő körülmények, ismét magnyugalomhoz vezetnek (Ujvárosi 1973a).

A friss, nem-dormans magvú (érett embrióval rendelkező) pillangósok a felvett víztől megduzzadnak és néhány napon belül csírázni kezdenek. Míg a dormans magok (1) ugyan megduzzadnak, de előkezelés pl. utóérés, hidegkezelés és/vagy gibberelinsav nélkül nem csíráznak (fiziológiai dormancia); vagy (2) megduzzadnak és (akár késleltetve) megjelenik a gyököcske, de az epikotil megjelenése mindezek után nem, vagy csak több héttel később következik be (fiziológiai epikotil magnyugalom) (Jayasuriya et al. 2010); vagy (3) nem képes a mag a vizet felvenni (fizikai dormancia vagy fiziológiai + fizikai dormancia együtt). Vagyis, ha a magvak maghéja a víz számára impermeábilis, de a maghéj megsértésével (szkarifikálás) átjárhatóvá válik és a magok megduzzadnak, majd ezt követően azonnal csíráznak, akkor fizikai dormanciáról beszélünk. Míg, ha a szkarifikált magok képesek a vizet felvenni, de nem csíráznak előkezelés nélkül, akkor kombinált, vagyis fizikai és fiziológiai dormanciával jellemezhetőek. Vagyis a pillangósvirágúak családjának tagjai lehetnek nem-dormansak, rendelkezhetnek fiziológiai, továbbá fiziológiai epikotil dormanciával, vagy fizikai dormanciával, illetve kombinált magnyugalommal is (Baskin és Baskin 2004).

A kedvezőtlen körülmények hatására növekszik a dormans magok száma, csökkenhet a csírázóképes magvak aránya. Ennek oka az érés során fennálló forráslimitáció, melynek hatására csökken a magvak életképessége (Akhalkatsi és Lössch 2005). Vagyis nem állítható, hogy a magnyugalom típusa és mértéke az adott taxonra minden esetben jellemző, kizárólag genetikai tulajdonság. Ez ugyanis eltérhet ugyanazon faj egyes populációi/egyedei között, vagy akár egy egyed, különböző évekből származó magtétellei között is (Cseresnyés-Bózsing 2010).

Az eltérő dormancia típusok mesterséges megtöréséhez különböző módszerek javasoltak. Az embrió éretlensége miatti utóérés megszüntethető hormonokkal (pl. gibberelinsav). Az élettani magnyugalom feloldását a nedvesség, a fény és a tápanyagok szabályozásával lehet elérni, míg a fizikai dormancia szkarifikálással szüntethető meg (Baskin és Baskin 2014). Ugyanakkor Baskin és Baskin (1998) arra is felhívja a figyelmet, hogy az egyes fajok csírázáshoz szükséges fényigénye változhat

a dormancia feloldódásának mértékével, valamint a fajok száraz helyen való tárolása során szintén csökkenhet a fényigényük.

2.5.5. **Keményhájúság (exogén magnyugalom)**

Czimer Gyula (1970) úgy definiálta a keményhájú magvak fogalmát, hogy azokat a magvakat sorolta ide, amelyek csírázásának gátlását a magháj vízzel szembeni impermeabilitása okozza. A pillangós növények magjainak egy részénél a magháj epidermisze többnyire erősen elfásodott szklerenchima sejtekből áll. Ezek a sejtek elhaltak, rendkívül erőteljesen és minden részükben megvastagodott sejtfallal rendelkeznek. Gyakran kősejtekké alakulnak, amelyek rendkívül kemények és szilárdak. A mag felületén még egy erőteljes kutikula réteg is alakul, mely kevésbé átjárható a víz és a gázok részére (Galgóczi 1964).

A termesztett növények esetében a magvak ezen tulajdonsága hátrányosan befolyásolja az egyöntetű növényállomány kialakulását, hiszen az ilyen magvak csak hosszabb idő után csíráznak, teret engedve ezzel a gyomosodásnak. A keményhájúság egyúttal a vadon élő növények fajfenntartásának egyik legfőbb biztosítója. Különösen az egyévesek (therophytonok) számára biztosít igen jó alkalmazkodást a kedvezőtlen évszakokhoz. Czimer (1970) részleteiben elemezte a fajok ökológiai spektruma és a keményhájúság közötti összefüggést. Megállapította, hogy a legtöbb keményhájú magot termő növény az egyévesekhez tartozik, ezután sorrendben a félig rejtve áttelelők (hemikryptophytonok) következnek, vagyis a keményhájúság elsősorban az egyéves növények jellemző tulajdonsága. Ezek, mivel minden évben elpusztulnak, csak mag formájában képesek elviselni a hideg és száraz évszakokat, amelyet a magháj impermeabilitása is elősegít azzal, hogy az egyébként rövid, de kedvező csírázási periódus alatt az ilyen magvak nem csíráznak ki. Az ezt követő kedvezőtlen időszakban a fiatal csíranövények nem pusztulnak el. Magjaik majd csak akkor kezdenek csírázni, amikor a fiatal növények fejlődése biztosított. A keményhájú mag csírázhat, ha a magháját megsértjük vagy lekoptatjuk.

A hemikryptophytonok mint félig rejtve telelők szintén könnyen megfagyhatnak, és a fajfenntartásuk csak a nyugalom állapotában lévő magvaik segítségével valósulhat meg. A keményhájú magvakat érlelő növények ökológiai spektruma is a szárazabb termőhelyek ökológiai spektrumát közelíti meg. A kemény maghájjal rendelkező növényfajokból legtöbb, 36% az eurázsiai elemek csoportjába tartozik.

Az impermeabilitás a talajban csak hosszabb idő múlva a baktériumok hatására vagy sérülés következtében szűnik meg, de fizikai behatásokkal (szkarifikáció) is feloldható. A vadon előforduló növények a keményhájúságon kívül még, a csak sztratifikációval kiküszöbölhető embrióalvással is rendelkeznek.

A dolgozat szempontjából kiemelendő a pillangósvirágú növények magvainak impermeabilitása, keményhájúsága. A Fabaceae család szinte minden tagjának a magvai csak bizonyos utóérési idő eltelte után képesek csírázni, a keményhájúak pedig még ezután is csak akkor, ha a maghájuk permeabilissá válik. A Fabaceae családon belül a keményhájúság aránya nemzetségenként változó: a *Lupinus*, *Ononis*, *Medicago*, *Melilotus*, *Trifolium*, *Tetragonolobus*, *Lotus*, *Onobrychis* és *Vicia* nemzetségen belül elsősorban a vadon előforduló növények rendelkeznek igen magas (70-100%) keményhájúsággal. Ezen nemzetségeken belül a termesztett fajok magjainak keményhájúsága kisebb, amely összefügg az adott faj termesztésbe vételének idejével (Galgóczi 1964). A felsorolt nemzetségeken túl, Tamás vizsgálatai (2000) megerősítették, hogy a vadon termő *Vicia* és *Lathyrus* fajok magvai nagy arányban voltak keményhájúak, minimálisan 80% körüli, de több ízben 90%-os, vagy azt meghaladó értékekkel. A legtöbb keményhájú mag tok- és hüvelytermésekben található, mivel ezekből a termésekből a magvak kiszóródnak, így a mag védtelen

marad a környezeti hatásokkal szemben (Czimer 1970). Czimer 1970-ben megjelent cikkében részletesen ismerteti a keményhéjú magot termő növények listáját. A vizsgálatomban szereplő fajok közül Czimer listájában megtalálható a *Melilotus officinalis*, az *Anthyllis vulneraria* és a *Lotus corniculatus*.

Általános megfigyelés, hogy a somkóró keményhéjúsága 35-47%-os arányú. Galgóczi (1964) vizsgálatai során megállapította, hogy a vadontermő fajoknál 65,4-86,4%. Míg a friss magnál ez az érték 55%, a 4-5 éves magnál csupán 9,6%. Azonos évjáratú magvaknál a fejlett magvak keményhéjúsága 2-2,5-szerese a fejletleneknek, ahol a maghéj kősejtjeinek kialakulására még kevesebb idő áll rendelkezésre. Az érés ideje alatti csapadék mennyisége és a magvak keményhéjúsága között negatív korreláció áll fenn. Az érési idő alatti hőmérséklet és a magvak keményhéjúsága között pozitív összefüggés állapítható meg, amely azonban olyan kicsi, hogy matematikailag nem bizonyítható (Galgóczi 1964). Tamás (2000) azt is megállapította, hogy a vadon élő növényfajok keményhéjúságánál és csírázóképeségének mértéke fajonként és termőhelyenként jelentősen eltérhet.

Li és Hill (1989) a szarvaskerep magjainak keményhéjúságát vizsgálta a virágzás idejétől eltelt napokkal összefüggésben. Arra a következtetésre jutottak, hogy a gyűjtött magok csírázása szkarifikálás (vagy más kezelés nélkül) a virágzás utáni napokban gyenge, majd a virágzást követő kb. 30. naptól lényegesen javuló eredményt mutat. Ennek oka azonban nem a keményhéjúság vagy annak megszűnése, hanem a gyűjtést követően kialakult dormancia. A keményhéjúság, véleményük szerint, a magvak érettségével függ össze, mivel a maghéj impermeabilitása kb. a virágzást követő 30. nap körül alakul ki. Vagyis minél érettebbek a magok, annál nagyobb arányú a keményhéjúságuk.

A keményhéjú mag a hűvös időjárás és a nedvesség hatására vízállóságát elvesztheti és újra puha héjúvá válhat. Ezzel szemben a magasabb hőmérsékleten tárolt mag nedvességtartalma csökken és idővel fokozatosan keményedik. Tehát ha a mag alacsonyabb hőmérsékletre és mérsékelt nedvességviszonyok közé kerül, bizonyos idő eltelte után újból megpuhul és könnyebben csírázik.

2.5.6. Csírázási körülmények

A jelen vizsgálat vonatkozásában fontos kitérni a laboratóriumi csírázóképeség és a szántóföldi kelés eredményeinek összefüggésére. Már az 1920-as években felvetődött, hogy az optimális laboratóriumi csíráztatás és a szántóföldi kelés között jó minőségű vetőmag esetében 5%, közepes csírázóképeségű vetőmagnál 23%, gyenge minőségűnél pedig 50% volt a különbség (Degen 1921). Stahl (1931) megállapította, hogy a laboratóriumban 95-98%-ot elérő fűfélék és keresztesvirágú fajok magjai kedvező szántóföldi körülmények között is csak 70-80 kelési %-ot mutattak. A laboratóriumban kiválóan csírázó herefélékből a szabadföldön csak 50-60% kelt ki. A laboratóriumban gyengébben csírázó vetőmagok esetében a szántóföldi kelési százalék még nagyobb csökkenést mutatott. A tapasztalt eltérések fő oka abban van, hogy csak ritkán valóban kedvezőek a vetőmag körülményei a szántóföldi keléskor. Mándy (1974) is hangsúlyozta, hogy a csírázóképeség laboratóriumi körülmények között sokkal nagyobb, mint szántóföldön.

Kiss és munkatársai (2018) 75 faj csíráztatásáról publikáltak adatot. A csíráztatásokat kontrolált körülmények között végezték fűtetlen üvegházban, előkezelés alkalmazása nélkül. A leggyengébb csírázást a pillangósok családjánál, míg a legjobbat a fűféléknél találták.

Baskin és Baskin (1998) monográfiájukban hangsúlyozzák – többek között – a csíráztatás során alkalmazott fényviszonyok változtatásának fontosságát, ugyanis a dormancia oldódásával összhangban változhat a magvak fényigénye, de a fajok rövid-

, illetve hosszúnappalos karaktere is befolyásolja azt. A rövidnappalos növények csak meghatározott időtartamú fényviszonyok mellett képesek csírázni, míg folyamatos fényben nem, még a hosszúnappalos növények csírázási képessége javul a fotoperiódus növekedésével, és az állandós fény sem gátolja a csírázást. Például a *Cynodon dactylon*, a *Deschampsia cespitosa* vagy *Typha latifolia* magja állandó hőmérsékleten csak fényen képes csírázni, míg váltakozó hőmérsékleten fényen és sötétben is egyaránt csírázik. Ugyanakkor az állandó fény alkalmazása a fajok többségénél gátlólag hat a csírázásra.

2.5.7. *Magbank típus*

A talaj magbankok rendkívül fontos, de még nagyrészt fel nem tárt és mindeddig alulbecsült szerepet játszanak a gyepek vegetációjának dinamikájában. Számos szerző szerint nagy jelentőségük lehet az élőhelyek rekonstrukciójában, és segítségükkel összefüggések állapíthatóak meg egy élőhely korábbi és a jelenlegi fajösszetételéről, diverzitásáról. Löszgyepek esetében Virágh és Gerencsér (1988) publikált magbank adatokat, azonban nem végezték el a fajok magbank típus besorolását. Kiss és munkatársai (2017) tekintették át aktuálisan közép-európai viszonylatban a gyepek magbankjával foglalkozó kutatásokat, és összesen 32 db tanulmányt találtak, amelyek elsősorban Lengyelországból, Németországból és Magyarországról származtak, amely jól mutatja ezen közép-európai gyepek kiemelkedő értékét, fajgazdagságát is (Kiss et al. 2017).

A magbank típus rendszerek szoros összefüggésben állnak a magvak élettartamával, vagyis a csírázókéességük megőrzésének idejével, valamint a fajok dormancia tulajdonságaival. Csontos és munkatársai (2016) erdei környezet, száraz gyepek, illetve gyomos területek fajaival végeztek megtűlési kísérleteket, amelynek során arra a következtetésre jutottak, hogy leghosszabb életképesség a gyomok csoportját, míg a legrövidebb a szárazgyepi fajokat jellemezte. Az erdei környezet fajai mérsékelt csírázási arányt mutattak. Azt is megállapították, hogy a *Poaceae* és a *Caryophyllaceae* családok fajai az első évben viszonylag magas csírázási arányt mutatnak, amelyet fokozatos csökkenés követ a későbbi években. Ezzel szemben az *Asteraceae* család fajai a kísérlet során mindvégig (6 éven keresztül) mérsékelt csírázást produkáltak. Míg a *Lamiaceae* család vizsgált tagjai az első években gyengén csíráztak, de később javultak az eredményeik.

Mindenképpen fontos figyelembe venni, hogy a csírázókéesség megőrzésének ideje laboratóriumi körülmények között nem minden esetben korrelál a természetben mutatott perzisztenciával, az eltérő környezeti körülmények miatt (Thompson 2000; Walters et al. 2005). Bár alapvetően a magbank típus rendszerek szabadföldi körülmények között értelmezendők, véleményem szerint, azonban mégsem hagyhatóak teljes mértékben figyelmen kívül ezek a tulajdonságok a vizsgálataim során.

Az első ökológiai szemléletű magbank tipizálási rendszert Thompson és Grime alkotta meg (Thompson és Grime 1979 in Csontos 2001). Később a rendszerük többször is átdolgozásra került, majd 1993-ban Thompson az alábbi kategóriákat különböztette meg. A tranziens (T) magbank típus jellemzője, hogy a magvak maximum 1 évig életképesek. Rövid távú perzisztens (RP) magbank jellemzője, hogy hogy az életképesség 1 évnél tovább, de maximum 5 évig tarthat, szemben hosszú távú perzisztens (HP) típussal, ahol az életképesség 5 évnél tovább is megmarad (Thompson 1993). A hosszú távú perzisztens tulajdonságokkal rendelkező magok általában kicsik és gömbölyűek, szemben a tranziens típusúakkal, amelyek gyakran nagyok, laposak és megnyúltak (Schwienbacher et al. 2010). A bolygatott élőhelyek fajai (pl. rövid életű gyomfajok, számos özönnövényfaj, pl. selyemkóró) hajlamosak a

perzisztens magbank képzésére (Kiss et al. 2017), míg a tipikus gyepalkotó fajok magbankja tranziens, vagyis rövid élettartamú (Thompson et al. 1997).

Csontos 2001-ben összeállította a magbank típusok adatbázisát, amely Thompson rendszerén alapszik. Az adatbázis jelenleg a hazai flóra 448 fajára terjed ki (Csontos 2001).

2.5.8. Magtömeg

A magtömeg fontos ökológiai folyamatokat befolyásol, illetve indikál. Hatással van a tér- és időbeli terjedőképességre, valamint befolyásolhatja a magpredációt, a csíranövények megtelepedését, fejlődését és túlélését. A növények szaporodási stratégiája két véglet – sok apró, jó terjedő képességű, de kevés tartalék-tápanyaggal rendelkező; illetve kevés, nagy tömegű, rosszabb terjedőképességű, sok tartalék-tápanyaggal rendelkező mag termelése – között mozog (Sonkoly et al. 2014). Csontos (1998) vizsgálata megerősítette a hazai fajok vonatkozásában az élőhely árnyékoltsága és a magtömeg közötti összefüggést. Sonkoly és munkatársai (2014) úgy összegezték, hogy a magtömeg szoros összefüggésben áll az életformával, valamint, hogy a nagyobb magtömeg pozitív kapcsolatban áll az árnyékoltság mértékével.

Továbbá Csontos és munkatársai (2007) vizsgálták a magyar flóra vonatkozásában a magtömeg és az életforma kapcsolatát, 227 kétszikű faj esetében. Azt találták, hogy a fásszárúak szignifikánsan nagyobb tömegű magokkal rendelkeznek, míg a rövidéletű és az évelő lágyszárúak átlagos magtömege nem tért el szignifikánsan egymástól.

A magtömeg egyeden belüli variabilitásának okai közül kézenfekvő az anyanövény vagy termésben való elhelyezkedés hatása, vagyis az anyai forrásokhoz való hozzáférés különbsége. A vegetációs periódus során különböző időpontokban képződő magok tömegében is jelentős különbségek lehetnek, ami valószínűleg szintén a források időben eltérő hozzáférhetőségére vezethető vissza (pl. Susko és Lovett-Doust 2000).

A magvak tömege szintén összefüggést mutathat a csírázóképeséggel, bár egyes szerzők ennek ellenkezőjét tapasztalták: Cochrane és munkatársai (2002) ausztráliai vadon élő, közönséges, valamint veszélyeztetett növényfajok magvainak csírázási képességét tanulmányozták, de nem találtak egyértelmű összefüggést a magok tömege és csírázóképesége között, mindössze annyit állapítottak meg, hogy a 10 mg-nál nagyobb magvú fajok több alkalmazott csíráztatási környezetben is jobb eredményt mutattak, mint az ennél kisebb tömegűek. Gáspár (1980) szerint viszont fajon belül a rossz környezeti viszonyok között kifejlődött magok alacsonyabb tömeggel és kisebb csírázóképeséggel rendelkezhetnek, mint a jobb körülmények között fejlődtek. Bár a magtömeg és csírázási arány összefüggéseiről születtek ellentmondásos eredmények, azonban a nagyobb magtömeg csírázásra gyakorolt hatásáról beszámoló cikkek nagy száma miatt kijelenthető, hogy a magtömeg növekedése pozitív hatást gyakorol a csírázási sikerre (Sonkoly et al. 2014).

Csontos vizsgálatai pedig azt mutatták, hogy természetben az egyes fajok kisebb tömegű magjai rövidebb ideig életképesek, azonban a fajok között a kisebb maggal rendelkezők átlagosan hosszabb ideig csírázóképesek, mint a nagyobbak (Csontos 2001). Walters és munkatársai nem találtak közvetlen összefüggést a magok mérete és élettartama között (Walters et al. 2005). A hiány az adatokban szembevetendő, aminek pótlása újabb vizsgálatok témája lehet. Baskin és munkatársai (1998) megállapították, hogy a magtömeg növekedésével a fajok egyre kevésbé igénylik a fényt a csírázáshoz.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1.A fajok kiválasztásának szempontjai

A vizsgálatokat 5 család 23 fajának 41 magtételével végeztem, amelyek már minimum 1 éve tároltak voltak a kezdetekkor. A vizsgálatba vont családok és fajok kiválasztásánál az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

- Olyan családok jelöltem ki a vizsgálatához, amelyeket sok faj, lehetőleg több tétellel képviselt a Pannon Magbankban, és ebből következően a vizsgálat megkezdésekor már rendelkezünk legalább egy éve tárolt tétellel.
- A faj tárolási tulajdonságai alapján ortodox vagy feltehetően ortodox tulajdonságokkal rendelkezzen, hiszen ellenkező esetben a csírázási képességét nem lenne lehetséges vizsgálni hűtött körülmények között. 5 faj esetében nem állt rendelkezésre a tárolási tulajdonságokról információ, így ezen fajok esetében a vizsgálatok segítségével pontosabb képet kaphatunk ezen tulajdonságokról.
- A fajok kiválasztásánál elsődleges szempont volt, hogy az adott faj megfelelő magszámú (min. 5000) tételekkel rendelkezzen, annak érdekében, hogy elegendő magmennyiség álljon rendelkezésre a 0 és -20 °C-os hűtőtárolókban a kísérletek elvégzésére, valamint ezek semmiképpen ne veszélyeztessék a hosszú távú megőrzést.
- A fajok kiválasztásánál figyelembe vettem továbbá a természetvédelmi jelentőséget is, amelynek megállapításánál a Simon-féle természetvédelmi érték besorolást (Simon 1988) vettem alapul. Ennek értelmében többnyire természetességre, illetve kisebb számmal degradációra utaló fajok szerepelnek a kutatásban, illetve családonként egy, a *Caryophyllaceae* és a *Fabaceae* családok esetében két-két természetvédelmi oltalom alatt álló fajt (*Cirsium brachycephalum*, *Stipa borysthena*, *Gypsophila arenaria*, *Dianthus serotinus*, *Oxytropis pilosa*, *Coronilla vaginalis*, *Phlomis tuberosa*) is bevontam a vizsgálatba (a többi családnál nem volt lehetőség további védett fajok bevonására, mivel veszélyeztetettségükből fakadóan kis egyedszámú populációkkal rendelkeznek, ebből eredendően kevés tárolt magmennyiség áll rendelkezésre belőlük a Pannon Magbank gyűjteményében). A választott fajok legnagyobb része gyepalkotó faj, választottam egy- és kétszikű, illetve domináns és kísérőfajokat is. A gyepnek jelentős szerepet játszanak mind a faji sokféleség, mind a táji diverzitás megőrzésében és fenntartásában (Nösberger és Rodriguez 1996). A gyepnek diverzitása jelentősen csökkent az elmúlt évtizedekben Európában, ezért a Natura 2000 hálózat kialakításában is kiemelt szempont ezen, a diverz és a természetvédelmi szempontból értékes élőhelyek fenntartása (European Commission 1992), helyreállítása, amihez elengedhetetlen a gyepalkotó fajok szaporíthatóságának, csírázási tulajdonságainak ismerete.

A választott fajok főbb jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza. A választott fajok tárolási viselkedésének vonatkozásában a Royal Botanic Gardens Kew (RBG Kew) online SID adatbázisát (RBGK 2016), a természetvédelmi érték vonatkozásában a 13/2001. (V. 9.) KöM rendeletben foglalt védett fajok listáját, az egyéb attribútumok vonatkozásában a Flóra adatbázist (Horváth et al. 1995), Ujvárosi Miklós Gyomnövények (Ujvárosi 1973b), és Hunyadi és munkatársai (Hunyadi et al. 2000) Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia, valamint Csontos Péter: A természetes magbank kutatásának módszerei (Csontos 2001) című műveit vettem figyelembe. Ennek alapján megvizsgáltam a választott fajok magbank típusát, ennek részleteit az

2. táblázat tartalmazza: 7 faj (*Silene alba*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Prunella vulgaris*, *Festuca arundinacea*, *Stipa borysthena*) szerepelt az adatbázisban, további 6 faj (*Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Dianthus serotinus*, *Mentha longifolia*, *Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*) esetében nemzetség szintjén egyező fajok magbank típusát vettem alapul. Végül 10 faj magbank típusára vonatkozóan nem találtam információt.

A 2. táblázatban szereplő rövidítések magyarázata:

Flóraelemek (Horváth et al. 1995):

ALB: alpesi-balkáni; ALP: alpesi, alpi; CEU: közép-európai; CIR: cirkumpoláris; CON: kontinentális; EUA: eurázsiai; EUR: európai; KOZ: kozmopolita; PAN: pannon; PON: pontusi; POM: pontusi mediterrán; POP: pontusi pannon; SME: szubmediterrán.

TVK: Simon-féle természetvédelmi érték-kategória (Simon 1998):

V: védett

E: társulásalkotó

K: kísérő faj

TZ: természetes zavarástűrő

GY: gyom

Ujvárosi-féle életforma kategóriák (Ujvárosi 1973b):

HT: kétévesek (hemitherophyta)

T1: kora tavaszi áttelelő egyévesek (therophyta)

T4: nyárutói egyévesek (therophyta)

G2: gumósok (geophyta - talajban telelő évelők)

H2: indások (hemikryptophyta -talajszintben telelő évelők)

H3: szaporodásra képes gyökerűek (hemikryptophyta -talajszintben telelő évelők)

H4: szaporodásra nem képes gyökerűek (hemikryptophyta -talajszintben telelő évelők)

H5: ferde gyöktörzsesek (hemikryptophyta -talajszintben telelő évelők)

Raunkiaer-féle életforma kategóriák (Hunyadi et al 2000):

H: félig rejtve telelők (hemikryptophyta)

Th: egyévesek (therophyta)

TH (HT): kétévesek (hemitherophyta)

HH: vízben, mocsárban áttelelők (hydatohelophyta)

Magbank típus (Csontos 2001):

T: tranziens, P: perzisztens, RP: rövid távú perzisztens, HP: hosszú távú perzisztens

2. táblázat: A vizsgált fajok flóraelem, természetvédelmi érték és életforma kategóriája, tárolási viselkedése, magbank típusa
na: nincs adat; * adatbázisban nem szereplő faj, ahol a nemzetség szintjén egyező másik faj magbank típusát vettem alapul

Fajnév	Flóra elem	TVK	Életforma kategória		Tárolási viselkedés	Magbank típus
			Raunkier	Ujvárosi		
Fabaceae						
<i>Anthyllis vulneraria</i>	EUR	na	H	na	ortodox	RP
<i>Lotus corniculatus</i>	EUA	TZ	H	na	ortodox	HP
<i>Melilotus officinalis</i>	EUA	TZ	Th-TH	HT v. T4	ortodox	HP
<i>Oxytropis pilosa</i>	CON	K	H	na	ortodox	na
<i>Coronilla vaginalis</i>	ALB	V	H-Ch	na	nincs adat	na
Lamiaceae						
<i>Mentha longifolia</i>	EUA	K	H(G)	G2	ortodox	HP*
<i>Salvia nemorosa</i>	EUR	K	H	H5	ortodox	na
<i>Prunella vulgaris</i>	KOZ	TZ	H	H2	ortodox	HP
<i>Phlomis tuberosa</i>	EUA	V	H	na	nincs adat	na
Asteraceae						
<i>Tragopogon dubius</i>	SME	TZ	TH	HT	ortodox	na
<i>Tragopogon orientalis</i>	EUA	TZ	TH-H	HT	nincs adat	na
<i>Podospermum canum</i>	PoM	K	H(TH)	H4	ortodox	na
<i>Aster tripolium</i>	EUA	K	H	na	ortodox	T*
<i>Cirsium brachycephalum</i>	PAN	K	TH-H	HT	nincs adat	P*
Caryophyllaceae						
<i>Gypsophila paniculata</i>	CON	K	G(Ch)	na	ortodox	na
<i>Holosteum umbellatum</i>	EUA	Gy	Th	T1	ortodox	na
<i>Silene alba</i>	EUR	K	Th-TH	H3	ortodox	HP
<i>Gypsophila arenaria</i>	CEU	K	G(Ch)	na	nincs adat	na
<i>Dianthus serotinus</i>	PAN	V	H	na	ortodox	RP*
Poaceae						
<i>Bromus inermis</i>	CIR	K	H	na	ortodox	T*
<i>Festuca arundinacea</i>	PAN	TZ	H	na	ortodox	T
<i>Melica transsilvanica</i>	PON	K	H	na	ortodox	T*
<i>Stipa borysthena</i>	PoP	E	H	na	nincs adat	RP

3.2. A kiválasztott fajok főbb tulajdonságai

A vizsgálatokhoz 5 növény családot, családonként 4, illetve 5 reprezentáns fajt vizsgáltam, a fitogeográfiai és fenológiai jellemzőinek leírása a következő (a családokat a továbbiakban filogenetikai sorrendben szerepeltetem):

Fabaceae család

Anthyllis vulneraria: Termesztett növény, amely hegyi réteken, kaszálókon elvadul, májustól júliusig virágzik (Simon 1992). Európai flóraelem (Horváth et al. 1995).

Lotus corniculatus: Nedves és kaszálóréteken, legelőkön mindenütt gyakori, májustól októberig virágzik (Simon 1992). Pontus-szubmediterrán flóraelem (Horváth et al. 1995).

Melilotus officinalis: Gyomtársulásokban, legelőkön gyakori, májustól novemberig virágzik (Simon 1992). Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).

- Oxytropis pilosa*: Löszpusztagyepekben ritka, védett növény, júniustól júliusig virágzik. Mezsgyéken élő faj, a Csanádi háton fordul elő (Simon 1992), valamint Budapest és Győr közötti szakaszon, az országhatár mentén [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015]. Kontinentális (-eurázsiai) flóraelem (Csathó 2009)
- Coronilla vaginalis*: Dolomitsziklagyepék védett dealpin növénye, áprilistól májusig virágzik (Simon 1992), hazánkban Tatabánya, Székesfehérvár, Veszprém környékén fordul elő [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015]. Alpesi-balkáni-(közép-európai) flóraelem (Horváth et al. 1995).

Lamiaceae család

- Mentha longifolia*: Forráslápok, patak menti és ártéri magaskórós társulások jellemző faja, júliustól szeptemberig virágzik (Simon 1992). Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Salvia nemorosa*: Száraz gyepekben, löszsziptepeken középső szintben gyakori (Németh et al. 2014), májustól novemberig virágzik (Simon 1992). Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Prunella vulgaris*: Kaszálóréteken, legelőkön, nyílt, üde erdőkben mindenütt gyakori, júniustól októberig virágzik (Simon 1992). Kozmopolita flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Phlomis tuberosa*: Erdős-sztyep faj, löszpusztai relictum, védett növény (Király 2009, Simon 1992), amely elsősorban az Északi-középhegységben, valamint Veszprém, Székesfehérvár és Tatabánya térségében fordul elő [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015]. Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).

Asteraceae család

- Tragopogon dubius*: Száraz gyepekben, szántókon mindenütt gyakori, májustól szeptemberig virágzik (Simon 1992). Szubmediterrán flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Tragopogon orientalis*: Kaszálóréteken, száraz gyepekben, útszéli gyomtársulásokban mindenütt gyakori (Simon 1992). Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Podospermum canum*: Szikes réteken és legelőkön elég gyakori, májustól októberig virágzik (Simon 1992). Pontus-szubmediterrán flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Aster tripolium*: Szikes réteken és pusztákon jellemző, júniustól szeptemberig virágzik (Simon 1992), főleg az Alföldön gyakori [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015]. Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Cirsium brachycephalum*: Szikes mocsarak, sótűrő, bennszülött növénye, védett, júliustól augusztusig virágzik (Simon 1992). Pannóniai endemizmus (Horváth et al. 1995).

Caryophyllaceae család

- Gypsophila paniculata*: Nyílt homokpusztagyepék növénye, júniustól augusztusig virágzik (Simon 1992). Kontinentális flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Holosteum umbellatum*: Gyakori koratavaszi efemer növény, száraz, nyílt gyepék növénye, márciustól májusig virágzik (Simon 1992). Eurázsiai flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Silene alba*: Gyomtársulásokban, erdővágásokban gyakori gyomnövény, áprilistól novemberig virágzik (Simon 1992). Európai flóraelem (Horváth et al. 1995).
- Gypsophila arenaria*: Nyílt homokpuszta- és dolomitgyepék védett növénye, júniustól augusztusig virágzik (Simon 1992), főleg a Duna-Tisza közén és Győr környékén fordul elő [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015]. Közép-európai flóraelem (Horváth et al. 1995).

Dianthus serotinus: Meszes homokpusztai gyepek védett, bennszülött növénye, június végétől szeptemberig virágzik (Simon 1992). Pannóniai endemizmus (Horváth et al. 1995), elsősorban a Duna-Tisza közén lelhető fel [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015].

Poaceae család

Bromus inermis: Nagy termetű, kúszó, tarackos növény, száraz gyepekben, főleg löszös talajon gyakori, eredetileg löszgyepek növénye. Májustól júliusig virágzik (Simon 1992). Cirkumpoláris elem (Horváth et al. 1995).

Festuca arundinacea: Mezofil rétek gyakori, állományalkotó növénye. Májustól augusztusig virágzik (Simon 1992). Eurázsia flóraelem (Horváth et al. 1995).

Melica transsilvanica: Száraz sztyepprétek növénye, májustól júliusig virágzik (Simon 1992). Pontusi flóraelem (Horváth et al. 1995).

Stipa borysthena: Nyílt és záródó homokpusztagyepék védett növénye, amely májustól júniusig virágzik (Simon 1992). Pontus-pannon flóraelem (Horváth et al. 1995), amely elsősorban a Duna-Tisza közén lelhető fel [Bartha, Király et al. (szerk.) 2015].

3.3. Maggyűjtés

A vizsgálatban szereplő fajok magtétéleinek begyűjtése a Pannon Biogeográfiai Régió területén a Pannon Magbank Projekt keretében történt, amelynek projektvezetői feladatait láttam el 2010 és 2014 között. A maggyűjtések az European Native Seed Conservation Network program mintázási-minőségi-mennyiségi kritériumait követték (ESCONET 2009a). A gyűjtések spontán populációkból történtek, a magok érett stádiumában. A jó minőségű és hatékony gyűjtőmunkához a taxon és az adott populáció élőhelyének alapos és sokrétű ismerete szükséges. Tekintettel arra, hogy a magokat alacsony relatív nedvességtartalommal kell betárolni, és az élettartamra ez van a legnagyobb hatással, ezért törekedni kell arra, hogy már a gyűjtéskor – fajtól függően – a magokat vagy a terméseket lehetőleg „szárazon” gyűjtsük be. A gyűjtést a NBGK, az MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézete és a nemzeti park igazgatóságok, valamint egyéb intézmények botanikus szakemberei végezték. A növényfajok taxonómiai azonosítása az Új Magyar Fűvészkönyv (Király 2009) alapján történt. Az eredményes gyűjtéshez elengedhetetlen a taxon fenológiájának (virágzás, magérés stb.), szaporodásbiológiájának (megporzás, várható magprodukción, a magterjesztés módja stb.) vagy a jellemző károsítók és károsításuk várható fokának ismerete. A gyűjtés megkezdése előtt igen lényeges meggyőződni arról, hogy a gyűjtendő mag kellően érett. A helyszínen ezt leginkább szemrevételezéssel, illetve egyszerűbb vizsgálattal tehetjük meg. Utal az érettségre, ha a növény magjai/termései nem egy időben érnek, és a magok egy része már kiszóródott, illetve könnyen elválik az anyanövénytől. Mindezekon túl a mag érettségéről egyszerűbb boncolással is meggyőződhetünk. Ilyenkor a mag félbevágása a legegyszerűbb, majd a szik vizsgálatával győződhetünk meg a mag érettségi állapotáról.

Általánosságban elmondható, hogy egy populáción belül sok egyedről, egyedenként kis mennyiségű mag gyűjtése génmegőrzési szempontból sokkal értékesebb tételt eredményez, mintha kevés egyedről gyűjtünk egyedenként nagy magszámot. A *random*, vagyis véletlenszerű mintavételezés során a ténylegesen leggyűjtött egyedeket véletlenszerűen, mondhatni egy képzeletbeli sorsolás révén választjuk ki. Még kedvezőbb módszer, ha a mintázandó populációra egy képzeletbeli *rácsot* vetítünk, vagyis egy szabályos négyzetháló nyomán a rácspontokhoz

legközelebb eső egyedekről veszünk mintát. Nagy egyedszám és/vagy nagy kiterjedésű populáció esetén nyilvánvalóan a rácspontok távolságának megfelelő növelése célszerű. Kizárólag magas egyedszám esetén további mintavételi lehetőség az egyetlen vagy több vonal (*transzekt*) mentén, szabályos távolságonként vett minta. Az alkalmazott mintavételi módszeren túl dokumentálni kell azt is, hogy a mintázás a populációnak középső, vagy széli részén történt, mivel ez a magtétel reprezentativitása szempontjából fontos információ (Zsigmond 2011).

A projektben nagy figyelmet fordítottunk a populáció génállományának minél teljesebb megmintázására, így arra, hogy több anyanövényről származó kevert magmintát gyűjtsünk (a továbbiakban az egyes populációk magmintáit tételeknek nevezem). A gyűjtésre vonatkozó információkat [hely, időpont, mintázási módszer, Á-NÉR élőhely-típus (Bölöni et al. 2011) stb.] pontosan dokumentáltuk. A fajok gyűjtési helyét, tárolási idejét a 3. táblázat és az 1. ábra tartalmazza.



1. ábra: A vizsgált fajok tárolási ideje és gyűjtési helye
A térkép forrása: Google

3. táblázat: A vizsgált fajok tárolási ideje és gyűjtési helye

*A gyűjtés és az utolsó vizsgálati év (2017) között eltelt idő

Fajnév	Tétel azonosító	Tárolás kezdete	Tárolás időtartama (év)	Gyűjtés helye
Fabaceae				
<i>Anthyllis vulneraria</i>	HUSEED000167	2013	4	Kapolcs (Imár-hegy)
	HUSEED000080	2012	5	Pomáz (Magyar Vár Tábor közelében)
<i>Lotus corniculatus</i>	HUSEED000685	2014	2	Kerkateskánd (gyep)
	HUSEED000402	2013	4	Tápiószele (Külsőmező, Külső Jászberényi út)
<i>Melilotus officinalis</i>	HUSEED000086	2012	5	Pomáz
	HUSEED000072	2012	5	Tápiószele (Kisfalutól D-re vezető földút mentén)
<i>Oxytropis pilosa</i>	HUSEED000848	2014	3	Mezőkovácsháza (Csanádi-hát, felhagyott bányató partja)
	HUSEED001343	2015	2	Mezőkovácsháza
<i>Coronilla vaginalis</i>	HUSEED001051	2014	3	Pilisszentiván

Fajnév	Tétel azonosító	Tárolás kezdete	Tárolás időtartama (év)	Gyűjés helye
Lamiaceae				
<i>Mentha longifolia</i>	HUSEED000161	2013	4	Somogyvámos (Krisna völgy, ökofalu)
	HUSEED000421	2013	4	Vásárosbéc
<i>Salvia nemorosa</i>	HUSEED000011	2012	5	Budapest (Tétényi-fennsík)
	HUSEED000057	2012	5	Tápiószele (Tápiószentmárton felé vezető út mellett)
<i>Prunella vulgaris</i>	HUSEED000109	2012	5	Balmazújváros
	HUSEED000100	2012	5	Tápiószele (Külsőmező (kaszáló))
<i>Phlomis tuberosa</i>	HUSEED000917	2014	3	Pusztaföldvár (Tatársánci ősgyep)
Asteraceae				
<i>Tragopogon orinetalis</i>	HUSEED000053	2012	5	Tápiószele (Abonyi út)
<i>Tragopogon dubius</i>	HUSEED000627	2014	3	Budapest (Tétényi-fennsík)
<i>Podospermum canum</i>	HUSEED000558	2013	4	Tápiószele (Kisszékes-legelő)
	HUSEED000345	2013	4	Tápiószele (Külső Jászberényi út)
<i>Aster tripolium</i>	HUSEED000154	2012	5	Balmazújváros (szikes legelő)
	HUSEED000472	2013	4	Székkutas (Kakas-szék)
<i>Cirsium brachycephalum</i>	HUSEED001052	2014	3	Szabadkígyós (Kígyósi-pusztá)
	HUSEED001456	2015	3	Fülöpszállás
Caryophyllaceae				
<i>Gypsophila paniculata</i>	HUSEED000102	2012	5	Göd (vasútállomás mellett)
	HUSEED000096	2012	5	Tápiószele (vasúti sínek mentén)
<i>Holosteum umbellatum</i>	HUSEED000596	2013	4	Budaörs (Odvashegy déli oldal)
	HUSEED000590	2013	4	Gárdony (Balatoni út)
<i>Silene alba</i>	HUSEED000095	2012	5	Tápiószele (T.szele és Tápiószőlős között (útszéle, felhagyott gyepek))
	HUSEED000337	2013	4	Lajosmizse (külterület, gyep)
<i>Gypsophila arenaria</i>	HUSEED001101	2014	3	Fülöpháza (Fülöpházi buckavidék, északi buckás)
	HUSEED001374	2015	2	Győr (Győr-Gönyü között)
<i>Dianthus serotinus</i>	HUSEED000425	2013	4	Vácduka
	HUSEED001607	2016	1	Fülöpháza
Poaceae				
<i>Bromus inermis</i>	HUSEED000068	2012	5	Üllő (Gyáli patak mente)
	HUSEED000069	2012	5	Tápiószele (Külsőmező)
<i>Festuca arundinacea</i>	HUSEED000383	2013	4	Domonyvölgy
	HUSEED000356	2013	4	Tápiószele (Külsőmező)
<i>Melica transsilvanica</i>	HUSEED000052	2012	5	Tápiószele
	HUSEED000067	2012	5	Üllő (Üllő és Ócsa közötti út, legelő)
<i>Stipa borysthena</i>	HUSEED000625	2014	3	Bócsa (Bócsa és Felsőtelep (Tázlár) között)

A maggyűjtések módszertanának további részleteit lásd még Peti és munkatársai (2015) és Török K. és munkatársai (2016) publikációiban.

A hosszú távú génmegőrzésre alkalmas tételek biztosítása érdekében fokozott figyelmet fordítottunk a jó minőségű (érett, egészséges), kellő magszámú minták begyűjtésére. Az elfogadható magmennyiséget az ENSCONET (2009a) alapján 5000 darab magban állapítottuk meg (Zsigmond 2011).

3.4. A magminták taxonómiai ellenőrzése, tisztítása és ezermagtömegük meghatározása

A gyűjtött anyagok meghatározók felhasználásával (Schermann 1966, Bojňanský és Fargašová 2007, [http3](#)) taxonómiai ellenőrzésen estek át. A minőségi (vizuálisan épnek tűnő) és mennyiségi szempontból megfelelő tételek tovább kerültek a tisztításra. A mintákat feldolgozásig papírzacsokban, száraz helyen, szilika gél mellett tároltuk. A tisztítás során Rao és munkatársainak (2006), valamint az ENSCONET (2009b) módszereit alkalmazva eltávolítottuk a magmintákból az idegen anyagokat, az egyéb növényi törmelékeket, a kártevőket, a fertőzött, sérült, éretlen és léha magokat. Így jó minőségű, csökkentett térfogatú tétel kerülhetett tárolásra. A tisztítás kézi válogatás, szitasorok és pneumatikus magtisztító gép segítségével történt. A magminták a beérkezésüket követő legkésőbb 3 hónapon belül feldolgozásra kerültek.

Tömegmérésre a Pannon Magbank Projekt tömegmérési protokolljának ([http4](#)) értelmében a nem-propagulum frakciótól megtisztított tételek magmintái kerültek. A tömegméréseket a nemzetközileg használt standardnak [pl. LEDA (Kleyer et al. 2008); Hintze et al. 2013] megfelelően légszáraz propagulumokon végeztem 0.0001 gramm pontosságú analitikai mérleg segítségével.

A mérésekhez tételenként 4×100 propagulumos mintákat használtam fel, a négy ismétlés eredményét tételenként, majd fajonként átlagoltam. A magtömeget ezermagtömegben (g) adtam meg (15. táblázat).

3.5. Laboratóriumi csíráztatási protokoll

A csíráztatások a tömegmérésekkel párhuzamosan történtek laboratóriumi körülmények között, ép magok felhasználásával. A csírázási tesztek fajtól függően 20-30 °C között működő Jacobsen-asztalon csíráztató harangok alatt (2. ábra) vagy 15-25 °C között működő termosztátokban Petri-csészékben végeztem. A csíráztatás közege szűrőpapír, időtartama egy hónap volt. A csíráztatásokhoz fajspecifikus módszert (víz, hőmérséklet, fény/sötét és hormonok megfelelő kombinációja) alkalmaztam, amely lehetővé tette az „organikus dormanciából” [Nikolaeva (1977) nyomán, a továbbiakban röviden dormancia] fakadó csírázási stratégia tanulmányozását a nem megfelelő környezeti tényezők előidézte „enforced dormanciával” [Baskin és Baskin (2004) nyomán] szemben. A fajspecifikus csíráztatási módszer kiválasztásához az RBG (Kew) elektronikus SID adatbázisa (RBGK 2016), valamint néhány kultúrnövény rokonfaj esetében az ISTA (2012) szabványa adott támpontot.

Fajonként 2-5 csíráztatási módszert teszteltünk, melyeket szükség esetén a hazai flóravizonyokra adaptálva átdolgoztunk. A jelen vizsgálatban szereplő fajoknál a legeredményesebbnek tűnő módszert alkalmaztam. A nem-mély dormancia megtörésére fajtól függően szkarifikálást, előáztatást vagy meleg és/vagy hideg sztratifikációt alkalmaztam. Az egyes fajoknál alkalmazott csíráztatási módszereket a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: A választott fajok laboratóriumi csíráztatása során alkalmazott módszerek szkar - szkarifikálás

Faj	Csíráztatási módszer		
	Előkezelés	Hőmérséklet	Fotoperiódus
Fabaceae			
<i>Anthyllis vulneraria</i>	1 hét 0 °C, szkar.	20 °C/24 h	fény/24 h
<i>Lotus corniculatus</i>	szkar.	15 °C/24 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Melilotus officinalis</i>	1 hét 0 °C, szkar.	20 °C/24 h	fény/24 h
<i>Oxytropis pilosa</i>	szkar.	20 °C/24 h	fény/24 h
<i>Coronilla vaginalis</i>	szkar.	20 °C/24 h	fény/24 h
Lamiaceae			
<i>Mentha longifolia</i>	GA ₃	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Salvia nemorosa</i>	1 hét 0 °C	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	sötét/24 h
<i>Prunella vulgaris</i>	nincs	15 °C/24 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Phlomis tuberosa</i>	nincs	15 °C/24 h	fény/8 h - sötét/16 h
Asteraceae			
<i>Tragopogon orinetalis</i>	1 hét 0 °C	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Tragopogon dubius</i>	nincs	15 °C/24 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Podospermum canum</i>	nincs	15 °C/24 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Aster tripolium</i>	nincs	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Cirsium brachycephalum</i>	GA ₃	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/24 h
Caryophyllaceae			
<i>Gypsophila paniculata</i>	nincs	20 °C/24 h	fény/24 h
<i>Holosteum umbellatum</i>	nincs	15 °C/24 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Silene alba</i>	1 hét 0 °C	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Gypsophila arenaria</i>	nincs	20 °C/24 h	fény/24 h
<i>Dianthus serotinus</i>	1 hét 0 °C	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
Poaceae			
<i>Bromus inermis</i>	1 hét 0 °C	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/24 h
<i>Festuca arundinacea</i>	1 hét 0 °C, KNO ₃ ;	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Melica transsilvanica</i>	1 hét 0 °C	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/8 h - sötét/16 h
<i>Stipa borysthena</i>	GA ₃	30 °C/8 h - 20 °C/16 h	fény/24 h

A megfelelő mintaméret és ismétlésszám megválasztásakor az *ex situ* megőrzési célokat tartottuk szem előtt, ezért figyelembe vettem az ENSCONET program (2009b) vad növényfajok csíráztatásos életképesség vizsgálatára vonatkozó ajánlásait. Ezek alapján tételenként 2×50 magos mintákat csíráztattam, a két ismétlés eredményét tételenként, majd fajonként átlagoltam. A csírázóképeséget csírázási százalékban fejeztem ki. Sikeresen csírázóznak a legalább 5 mm-es gyököcskével rendelkező egyedeket tekintettem. A kísérletek lezárására 1 hónap elteltével került sor, amikor újabb csíranövények már nem mutatkoztak. A 30 nap elteltével újabb életképesség vizsgálatot nem végeztem a nem csírázott magokon.



2.ábra: Csírázások értékelése Jacobsen asztalon

A kultúrnövények esetében Spreafico (1965) felhívta a figyelmet, hogy a csíráztatási vizsgálatok során több figyelmet kell fordítani a csíranövény fejlettségére, rendellenes növekedésére és az egyéb abnormalitásokra, hiszen – véleménye szerint – a csíráztatás csak akkor ad a vetőmagról megfelelő tájékoztatást, ha csak a teljes értékű csíranövényeket vesszük „csírázottak”. A jelen vizsgálat kezdetén kísérletet tettünk a csíranövények említett szempontok szerinti értékelésére, azonban a vadon élő fajoknál a legtöbb esetben nehezen volt eldönthető, hogy mi számít ép vagy torz csírának, mivel számos fajnál nem volt erre vonatkozóan még tapasztalat, ezért az „abszolút csírázást” vettem alapul.

3.6. Szárítás és tárolás

A magvak hosszú távú tárolása szempontjából a megfelelő nedvességtartalom és a tárolási hőmérséklet meghatározó (Agacka et al. 2014, Lima et al. 2014). Ezek határértékeit és módszereit a vadon élő növényfajok vonatkozásában az ENSCONET (2009b) protokoll, a mezőgazdasági növényfajok vonatkozásában a FAO (2013) génbanki szabvány határozza meg, ezek lényegükben átfednek. A szárítás és a tárolás során ezeket az előírásokat vettem figyelembe.

A tárolásra szánt magvak nedvességtartalmát az előírásoknak megfelelően 3–7% közötti értékre csökkentettem. A szárítás 16 ± 1 °C hőmérsékletű és 15–20% relatív páratartalmú szárítókamrában történt.

A leszártott magminták légmentesen zárt, 3 rétegű laminált alumínium tasakokban kerültek a tárolókba – Gold és Manger (2014) szerint ez az egyik leghatékonyabb tárolási mód. A Pannon Magbank magtárolási protokolljának (<http4>) megfelelően, egyes tárolókban belül az egyes generációk magtétéleinek több tárolótasakban történő, osztott tárolása a nagyobb biztonságot szolgálja (FAO/IPGRI 1994). Feltételezhető ugyanis, hogy a hosszú távú tároláskor olyan mérgező gázok szabadulhatnak fel, amelyek befolyásolhatják a tárolási élettartamot (FAO/IPGRI 1994). Az osztott tárolás célja továbbá a későbbi felhasználás praktikussá tétele azáltal, hogy így elkerülhetjük a teljes tárolt tétel megbontását. Az egyes tasakokba jutó magmennyiségek meghatározása az adott faj 4×100 db mag tömegének átlagából kerültek meghatározására a protokollban foglaltak szerint.

A tárolás az előírásoknak megfelelően a 0 °C-on üzemeltetett aktív, és -20 °C-on működtetett bázis tárolókban valósul meg. Az ortodox fajok számára a száraz, <0 °C hőmérsékletű környezetben való tárolás alkalmas a hosszú távú megőrzésre, ilyen módon több évtizedig is eltárolhatók (Smith et al. 2003, ENSCONET 2009b, FAO 2014). A FAO (2013) génbank szabvány értelmében az aktív gyűjtemények magmintái közvetlenül kiadhatók a felhasználónak szaporításhoz, kutatáshoz, míg a bázis gyűjtemények mintái nem adhatók ki, céljuk a hosszú távú megőrzés. Az aktív

tárolók Tápiószelén a NBGK-ban és Vácrátóton az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézetében, a bázis tárolók a NBKG-ban és az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság területén, Bódvarákón kerültek kialakításra.

3.7. Vízáktívítási-mérés

A méréseket Testo 650-es típusú készülékkel végeztem, amelyhez speciális vízáktívítási-mérő egységet csatlakoztattam. A magvak vízáktívítási értéke (a_w) olyan arányszám, amely arányos azok nedvességtartalmával, a mintában lévő szabad víz gőztenziójának (P) és a tiszta víz feletti légtér relatív páratartalma parciális nyomásának (P_o) hányadosa. A készülék a magminták roncsolása nélkül (az egész szemek vízáktívítási-értékének meghatározásával) végezte a kis tömegű minták mérését. Mivel a mintákat így nem kellett tömegállandóságig szárítani, a mérés nem rontotta azok életképességét sem. Először üres mérőedénnyel végeztem mérést a szárítókamrában, hogy megállapítsam a kamra saját egyensúlyi vízáktívítási értékét. Ez a referencia érték szinte megközelítette a betároláskor (vagyis még a hűtés előtt) a magoknál mért értékeket, ami igazolhatja, hogy a minták megfelelő vízáktívítási-értékig lettek szárítva.

A tárolást követően, a kezdetben mért eredményekhez képest többszörös értékeket kaptam, amelyből arra a következtetésre jutottam, hogy a hirtelen hőmérsékletváltozás hatására a pára kicsapódik a tasak, illetve a magok külső felszínére, ami érthető módon, befolyásolja a mérési eredményeket. Ezért a későbbiekben a mintákat 24 órán át a laborban tartottam szobahőmérsékleten, lezárt tasakban, majd ezt követően végeztem el újra a méréseket.

a) A 0 és -20°C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2015-ben, 2016-ban és 2017-ben

A fentiek alapján 2015-ben az alábbi 23 fajt vontam be az elemzésbe: *Tragopogon orientalis*, *Tragopogon dubius*, *Podospermum canum*, *Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Bromus inermis*, *Festuca arundinacea*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthénica*, *Gypsophila paniculata*, *Holosteum umbellatum*, *Silene alba*, *Gypsophila arenaria*, *Dianthus serotinus*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Oxytropis pilosa*, *Coronilla vaginalis*, *Mentha longifolia*, *Salvia nemorosa*, *Prunella vulgaris*, *Phlomis tuberosa*.

2016-ban a következő fajokat vizsgáltam (összesen 17 db): *Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Bromus inermis*, *Festuca arundinacea*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthénica*, *Gypsophila paniculata*, *Gypsophila arenaria*, *Dianthus serotinus*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Oxytropis pilosa*, *Coronilla vaginalis*, *Mentha longifolia*, *Salvia nemorosa*, *Prunella vulgaris*, *Phlomis tuberosa*.

2017-ben 3 faj esetében álltak rendelkezésre a nedvességtartalom adatok mindkét hőmérsékleten mérve: *Aster tripolium*, *Mentha longifolia*, *Phlomis tuberosa*.

b) A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2015-ben, 2016-ban és 2017-ben a kontroll értékekkel összehasonlítva

A vizsgálatba azokat a fajokat tudtam bevonni, amelyeknél az adott évben a kiválasztott tételek esetén a 0 °C-os, ill. -20 °C-os tárolást követő mérési eredmények mellett, a kontroll (vagyis a tárolás előtti) adatok is rendelkezésre álltak.

2015-ben az alábbi 10 fajt vizsgáltam: *Tragopogon orientalis*, *Tragopogon dubius*, *Podospermum canum*, *Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthena*, *Silene alba*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Salvia nemorosa*.

2016-ban a következő 5 faj esetében álltak rendelkezésre a szükséges nedvesség adatok: *Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthena*, *Lotus corniculatus*, *Salvia nemorosa*.

2017-ben nem tudtam elvégezni az összehasonlító vizsgálatot a rendelkezésre álló kevés adat miatt.

3.8. Üvegházi hajtatás

Az üvegházi hajtatás elve, hogy a mintákat üvegházban helyezzük el, majd az optimális csírázáshoz szükséges feltételeket hosszabb időn át biztosítjuk (Roberts 1981 in: Csontos 2001). A hajtatás időtartama tág határok között mozog, 3-4 hónaptól 7 hónapig is terjedhet, amely megfelel a vegetációs időszak hosszának. Az előbújó csíranövényeket meghatározzuk, és az esetlegesen idegen fajhoz tartozó egyedeket eltávolítjuk. A határozást Simon (1992) és Király (2009) művei alapján végeztük.

Az üvegházi hajtatásra 2015-ben került sor, áprilisban a kiválasztott mintákat kivettem az aktív és bázis tárolókból, majd – a sejthártyák hirtelen hőmérséklet növekedés hatására bekövetkező esetleges károsodását megelőzve – először kb. 10 °C-on tartottam a mintákat lezárt csomagolásban, majd ezt követően kerültek szobahőmérsékletre. A kiültetések 2015 májusában kezdődtek, amikor a magokat a vetést megelőzően 2*-3 órára desztillált vízbe áztattam, illetve a vetést megelőző nap a közegként használt normál kertészeti tőzegkeveréket is átnedvesítettem. A vetések négy ismétlésben történtek, ismétlésenként lehetőség szerint 4×25 maggal, 10×10 cm-es műanyag cserepekbe (3. ábra). Meghatároztam az egy éven belül kikelt magok százalékos arányát.



3. ábra: Üvegházi vetések az üvegházban (saját felvétel dátuma: 2015. június)

3.9. Szabadföldi vetés

A kiválasztott fajok ugyanezen tételeiből vetéssorozatokot állítottam be szabadföldi körülmények között. A génbanki anyagok megőrzésének alapvető feladata a tárolt anyagok szabadföldi felszaporítása. A szabadföldi vetés megfelelő lehetőséget kínál a megőrzött genetikai anyagok alaposabb értékeléséhez, hiszen képet kapunk ezáltal a tételek életképességéről, fejlődéséről, uniformitásáról, terméshozamáról

(Kiran Babu et al. 2018). Továbbá a kísérlet segítheti az optimális vetési időpontok meghatározását, amelynek nagy jelentősége lehet a restaurációs vizsgálatok során.

A tételeket szántóföldi körülmények között elvettem, semleges kémhatású virágfölddel töltött 9x9 cm-es cserepekbe, majd a cserepeket talajszintbe süllyesztettem (4. és 5. ábra). Bencze megfigyelései szerint, az egyes életformába tartozó gyomfajok csírázási optimum hőmérséklete gyakorlatilag azonos, így pl. a T1-esek 10-14, a T2-esek 4-8, a T3-asok 8-14, a T4-esek pedig 18-30 °C-on csíráznak (Hunyadi et al. 2000). Továbbá a csírázási optimumuk alapján a T1-es és T3-as életformába tartozók évenként, a T2-esek kivételes időjárási viszonyok mellett kettő, a T4-esek csak egy csírázási időszakot mutatnak (Bencze 1969).

A tételek 5-ös ismétlésben (5 mag/cserép, összesen 5 cserép/tétel, 5×5, vagyis 25 maggal) kerültek kiültetésre – a rendelkezésre álló magmennyiségek függvényében - az alábbi időpontokban:

- 2015. augusztus vége
- 2016. február eleje
- 2016. március közepe
- 2016. március vége
- 2016. augusztus eleje

A magvetések idejének hőmérsékleti és csapadékadatát a kísérleti területre vonatkozóan a 1. melléklet tartalmazza. A magvetések időpontjai a fajok többségénél megegyeztek a természetes magszórások időpontjával (kivéve a *Holosteum umbellatum* esetében).



4. ábra: A szabadföldi kiültetések főbb munkafolyamatai [a tételek előkészítése (2015. aug.), talajba helyezése (2016. aug.), kikelt *Oxytropis pilosa* egyedek (2017. 06.), átültetett *Podospermum canum* egyedek (2016. ápr.), saját felvételek]

Azon fajok esetében, ahol elegendő magmennyiségű tétel állt rendelkezésre, ott 3 vetési időpontban [2015. augusztusában (2015.08.28.-09.01.), 2016 februárjában (2016.02.02.-03.), ill. március második felében], ahol pedig korlátozottabban áll rendelkezésre szaporítóanyag, ott két alkalommal [2016 márciusában (2016.03.22.) és augusztusában (2016. 08.08.-10.)] történt vetés.

A 2015 augusztusában, 2016 februárjában és márciusában kiültetett fajok (0 °C és -20 °C-os tárolókból kivett tételek, fajonként 2-2 tétellel): *Tragopogon dubius*, *Tragopogon orientalis*, *Cirsium brachycephalum*, *Stipa borysthena*, *Holosteum umbellatum*, *Silene alba*, *Melilotus officinalis* és *Podospermum canum*.

A 2016 márciusában és augusztusában kiültetett fajok: *Melica transsilvanica*, *Salvia nemorosa*, *Aster tripolium*, *Prunella vulgaris*, *Lotus corniculatus*, *Bromus inermis*, *Podospermum canum*, *Mentha longifolia*, *Gypsophila arenaria*, *Dianthus serotinus*, *Festuca arundinacea*, *Anthyllis vulneraria*, *Gypsophila paniculata*, *Oxytropis pilosa*, *Coronilla vaginalis* és *Phlomis tuberosa*.

A különböző időpontú vetések cserepei 2 méter széles sorközökbe, egymás mögött kerültek leásásra, az egyes időpontokban vetett csoportok között 25 cm távolságot hagytam az esetleges keveredések elkerülése érdekében. A vetést követően öntöztünk, majd pedig heti rendszerességgel történtek az öntözések, a természetes viszonyokhoz hasonlóan. Az 1. melléklet adataiból látható, hogy 2015 augusztusában mindössze 6 csapadékos nap volt a hónap közepén, ezért mindenképpen szükség volt kiegészítő öntözésre. A csíranövényeket nem távolítottam el, hetente felírtam az kicsírázott magvak számát az egyes fajok esetében, és a vetett magok számával összevetve számítottam ki a csírázás eredményességét.

2016 márciusától megkezdődött a 2015 szeptemberében vetett fajoknak az átültetése 15 literes cserepekbe (6. ábra), mivel ekkorra a növények jelentős részének gyökérzete már átszötte a 9×9 cm-es cserepet, továbbá azért is volt szükséges az átültetés, mivel a virágzások is megkezdődtek már egyes fajok esetében és – génbanki anyagokról lévén szó – gondoskodnunk kellett az egy fajhoz tartozó különböző tételek térbeli izolálásáról. Az egyes vetési időpontok esetében az 5 cseréből 3 cserép anyagát ültettem csak át, annak vizsgálata céljából, hogy a növények hogyan reagálnak az átültetésekre. A helyben maradt növényanyagokról származó begyűjtött magok is a vizsgálat részét képezték, de nem kerültek génbanki megőrzésre a későbbiekben. A kísérletek elrendezését az 2. melléklet tartalmazza.



5. ábra: A szabadföldi kísérleti terület elrendezése az első ismétlések földbe helyezését követően (saját felvétel dátuma: 2016. 02.)



6. ábra: A szabadföldi kísérleti terület az átültetéseket követően 2016 májusában (saját felvétel)

3.10. Adatfeldolgozás

3.10.1. *Magnedvességtartalom vizsgálatok*

A statisztikai elemzések során a vízakktivitás méréseknél rendelkezésre álltak a kiindulási (hűtött tárolás előtti) értékek, illetve a tárolást követően, az egyes években mért értékek, a kiválasztott fajok esetében. A mért értékek közül a 0 °C, ill. -20 °C-os tárolás során mért értékeket párosával (vagyis a faj két tételére vonatkozó eredményeket) kigyűjtöttem, majd az értékekből kiszámítottam a fajra vonatkozó átlagot. Azokat a fajokat, ahol csak egy tétel esetében történt vízakktivitás mérés a kezdetekkor, töröltem az elemzésből, csakúgy, mint azokat a fajokat, ahol az adott évben csak az egyik hőmérsékleten történt mérés, a másikon nem, mivel ezek nem lettek volna felhasználhatóak a statisztikai elemzésekhez.

a) A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2014-ben, 2016-ban és 2017-ben

A magok különböző tárolási hőmérséklet hatására mért vízakktivitás-értékének összehasonlítását kétmintás t-próbával vizsgáltam. Első lépésként megnéztem a két minta szórásának egyezőségét (F-próba), amely alapján megállapítottam, hogy a két minta szórása egyezik, nincs köztük szignifikáns különbség ($p=0.05$). Ezt követően kétmintás t-próbával ellenőriztem a két minta átlagának egyezőségét, hogy megállapíthassam, hogy a különböző hőmérsékleti körülmények közül melyik befolyásolta a minták nedvességtartalmát.

b) A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2014-ben, 2016-ban és 2017-ben a kontroll értékekkel összehasonlítva

Első lépésként a PAST szoftver 2.17-es verziójának (Hammer et al. 2001) segítségével kiszámoltam a kontroll (a továbbiakban a kontroll alatt a kiindulási, vagyis tárolás előtti anyagon mért értéket értem), a 0 °C-os, illetve -20 °C-os tárolást követő mérési csoportok esetében az átlagokat, a standard hibát és a variációs együtthatót, majd elkészítettem a csoportok box plot diagramját.

Ez követően megvizsgáltam az egyes csoportok közötti szignifikancia különbségeket. Először Levene-próbával ellenőriztem a szórás heterogenitást, mivel ez a t-próba és a varianciaanalízis előfeltétele. Ha a minták szórása szignifikánsan nem tért el, akkor a varianciaanalízis eredményét használtam. Amennyiben a Levene-próba

alapján a csoportok szórása szignifikánsan eltért, a Welch-próbával folytattam az elemzést, amely nem feltételez szóráshomogenitást. Ha a próba alapján szignifikáns különbség volt a csoportok között, Tukey-féle próbával határoztam meg, hogy páronként vizsgálva mely két-két minta között mutatható ki szignifikáns különbség. Mivel a Tukey-féle próba egyik feltétele a normál eloszlás, ezt Shapiro–Wilk teszttel vizsgáltam.

A vizsgálatba azokat a fajokat tudtam bevonni, amelyeknél az adott évben a kiválasztott tételek esetén a 0 °C-os, illetve a -20 °C-os tárolást követő mérési eredmények mellett, a kontroll adatok is rendelkezésre álltak.

c) A csírázási százalékok és a vízaktivitás értékek összefüggése

Összevettem a tárolás előtt, illetve egyes években a 0 °C-os, illetve -20 °C-os tárolás után kapott vízaktivitás és csírázási értékeket. Ehhez először kigyűjtöttem azokat a fajokat, amelyeknél mindkét érték rendelkezésre állt. Majd a PAST szoftver 2.17-es verziójának (Hammer et al. 2001) segítségével meghatároztam a korrelációs együtthatót, amely a mérések közötti lineáris kapcsolat szorosságát méri, illetve elkészítettem a szóródási diagramokat, majd pedig teszteltem a korrelációs együttható szignifikanciáját.

A tárolás előtti értékek elemzésekor 10 fajt, az első évben 22 (0 °C) ill. 23 (-20 °C), a második évben 22 (0 °C) ill. 18 (-20 °C), míg 2017-ben az utolsó évben már csak 3 fajt tudtam volna vizsgálni, így az alacsony mintaelemszám miatt már nem tudtam elvégezni a korreláció vizsgálatát.

3.10.2. Laboratóriumi és szántóföldi csíráztatások

A normális eloszlás meglétét a változók mentén – mivel bináris adatokról van szó – elutasítottuk, ezért a statisztikai elemzések során a nem paraméteres Kruskal–Wallis rankteszttel (Kruskal–Wallis H test) vettem össze valamennyi vizsgált faj esetében a kontroll, üvegházi hajtás és laboratóriumi körülmények között 2015-ben, 2016-ban és 2017-ben, 0 és -20 °C-on végzett csíráztatási százalékok átlag eredményeit annak érdekében, hogy megállapítható legyen, van-e szignifikáns különbség ($p < 0.05$) a páronkénti összehasonlítások medián értékei között. Ezt követően Mann-Whitney U teszt segítségével határoztam meg, hogy pontosan mely páronkénti értékek között szignifikáns a különbség. Fajonként megállapítottam az egyes minták esetében a csírázott és nem csírázott magvak számát, majd pedig a kettő hányadosából a csírázási arányt.

Ezen statisztikai elemzéseket szintén a PAST szoftver 2.17-es verziójával (Hammer et al. 2001) végeztem el.

3.10.3. A magtömeg és a csírázási százalék összefüggése

Összevettem a tárolás előtt, illetve az egyes években a 0 °C-os, illetve -20 °C-os tárolás után mért magtömeg és csírázási értékeket. Ehhez először kigyűjtöttem azokat a fajokat, amelyeknél mindkét érték rendelkezésre állt. Majd a PAST szoftver 2.17-es verziójának (Hammer et al. 2001) segítségével meghatároztam a korrelációs együtthatót, amely a mérések közötti lineáris kapcsolat szorosságát méri, illetve elkészítettem a szóródási diagramokat, majd pedig teszteltem a korrelációs együttható szignifikanciáját.

A tárolás előtti értékek elemzésekor 22 fajt, az első évben 22 (0 °C) ill. 23 (-20 °C), a második évben 22 (0 °C) ill. 18 (-20 °C), míg 2017-ben az utolsó évben már csak 3 fajt

tudtam volna vizsgálni, így az alacsony mintaelemszám miatt már nem tudtam elvégezni a korreláció vizsgálatát.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Magnedvességtartalom vizsgálatok

A mért magnedvesség tartalom értékeket a 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: A választott fajok tételeinek nedvességtartalma és laboratóriumi csírázási százaléka az egyes években

*egy tétel adata

Fajnév	Kiindulás	Nedvesség tartalom					
		2015		2016		2017	
		0°C	-20°C	0°C	-20°C	0°C	-20°C
Fabaceae							
<i>Anthyllis vulneraria</i>	na	0,634	0,358	0,705	0,330	na	na
<i>Lotus corniculatus</i>	0,181*	0,514	0,255	0,659	0,333	na	na
<i>Melilotus officinalis</i>	0,198*	0,652	0,273	0,552	na	na	na
<i>Oxytropis pilosa</i>	na	0,489*	0,351*	0,379	0,333	na	na
<i>Coronilla vaginalis</i>	na	0,761*	0,229*	0,814	0,220	na	na
Lamiaceae							
<i>Mentha longifolia</i>	na	0,493	0,344	0,459	0,400	0,545	0,205
<i>Salvia nemorosa</i>	0,224	0,682	0,324	0,740	0,238	na	na
<i>Prunella vulgaris</i>	na	0,459	0,268	0,565	0,247	na	na
<i>Phlomis tuberosa</i>	na	0,676*	0,324*	0,611	0,420	0,717	0,406
Asteraceae							
<i>Tragopogon orientalis</i>	0,193	0,578	0,270	0,689	na	na	na
<i>Tragopogon dubius</i>	0,172	0,816	0,196	na	na	na	na
<i>Podospermum canum</i>	0,169	0,546	0,288	0,776	0,262*	na	na
<i>Aster tripolium</i>	na	0,629	0,348	0,679	0,355	0,669	0,332
<i>Cirsium brachycephalum</i>	na	0,41*	0,389*	0,488	0,384	na	na
Caryophyllaceae							
<i>Gypsophila paniculata</i>	na	0,634	0,003	0,737	0,233	na	na
<i>Holosteum umbellatum</i>	na	0,486	0,398	0,391	na	na	na
<i>Silene alba</i>	0,198	0,627	0,267	0,639	na	0,697	na
<i>Gypsophila arenaria</i>	na	0,454*	0,264*	0,634	0,294	0,501	na
<i>Dianthus serotinus</i>	na	0,677*	0,507*	0,761*	0,535*	na	na
Poaceae							
<i>Bromus inermis</i>	na	0,526	0,244	0,422	0,433	na	na
<i>Festuca arundinacea</i>		0,558	0,287	0,700	0,263	na	na
<i>Melica transsilvanica</i>	0,196	0,473	0,222	0,519	0,316	0,491	na
<i>Stipa borysthena</i>	0,183	0,684	0,232	0,776	0,232	na	na

4.1.1 A 0 és a -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára az egyes években

6. táblázat: A 0 és a -20 °C-os tárolás hatása a fajok nedvességtartalmára 2015-ben
*0,000; ** 0,021

	2015 0 °C	2015 -20 °C
átlag*	0,0059	0,0029
szórás**	0,0012	0,0007

A 0 °C-os és a -20 °C-os kezelés is szignifikánsan befolyásolta a nedvességtartalmat a 2015-ös minták esetében, azonban a -20 °C-os tárolás nagyobb mértékben csökkentette a minták nedvességtartalmát.

7. táblázat: A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2016-ban
*0,000; ** 0,233

	2016 0 °C	2016 -20 °C
átlag*	0,0061	0,0033
szórás**	0,0016	0,0012

A 0 °C-os és a -20 °C-os kezelés szignifikánsan befolyásolta a nedvességtartalmat a 2016-os minták esetében, a -20 °C-os tárolás ez esetben is nagyobb mértékben csökkentette a minták nedvességtartalmát.

8. táblázat: A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2017-ben
*0,005467; ** 0,4

	2017 0 °C	2017 -20 °C
átlag*	0,0068	0,0027
szórás**	0,0006	0,0012

A kétmintás t-próba eredménye alapján a két minta átlaga nem különbözött szignifikánsan, ami alapján elmondható, hogy a 0 és -20 °C-os tárolás nem befolyásolta szignifikánsan a minták nedvességtartalmát 2017-ben.

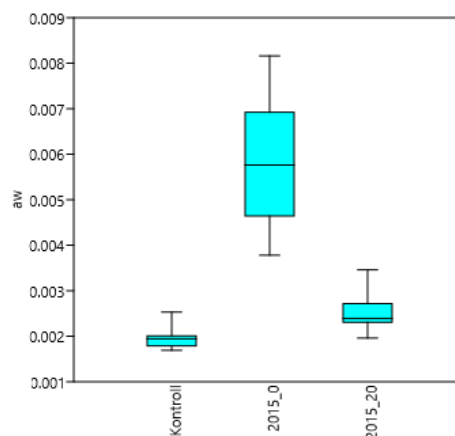
4.1.2. A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok nedvességtartalmára az egyes években a kontroll értékekkel összehasonlítva

a) A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok magvainak nedvességtartalmára 2015-ben, a kontroll értékekkel összehasonlítva

Kiszámoltam a 2015-ös év vonatkozásában a 0 °C-os, illetve -20 °C-os tárolást követő mérési csoportok esetében az átlagokat, a standard hibát és a variációs együtthatót, majd elkészítettem a csoportok box plot diagramját (7. ábra).

Mivel a Levene-próba eredménye ($p=0,001236$) alapján $p<0,05$, azaz a minták szórása szignifikánsan eltérő volt, ezért a Welch-próbával folytattam az elemzést. A Welch-próba eredményéből látható, hogy a p értéke $<0,05$, ezért elmondható, hogy szignifikáns különbség van a csoportok között. Annak megállapítására, hogy melyik két minta között van szignifikáns különbség a Tukey-féle páronkénti tesztet alkalmaztam, mivel igazolódott a normál eloszlás ($p>0,005$).

A vizsgált magok nedvességtartalmának megőrzését a -20 °C-os tárolási hőmérséklet biztosította, míg a 0 °C-on történő tárolás esetén a nedvességtartalom nőtt a kontrollhoz és a -20 °C-os tárolási hőmérsékletéhez képest is.



7. ábra: A tárolási hőmérséklet hatása a magnedvességtartalomra, 2015

9. táblázat: A tárolási hőmérséklet hatása a magnedvességtartalomra a vizsgált fajok esetében*, 2015

	Kontroll	2015 0 °C	2015 -20 °C
N	10	10	10
Átlag	0.002 a	0.0058 b	0.0025 a
Standard hiba	0,0001	0,0004	0,0001
CV	12,228	23,4259	16,0801

megjegyzés: eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0.05$). Tukey páronkénti teszt

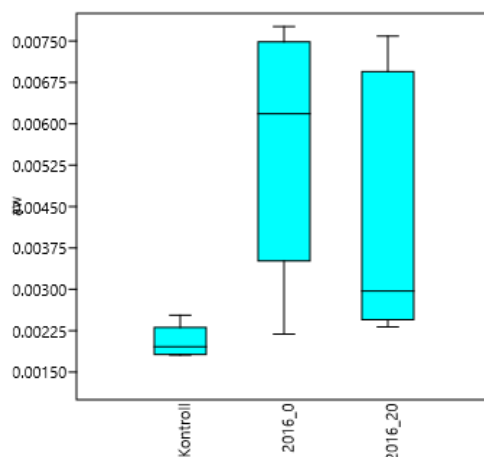
**Tragopogon orientalis*, *Tragopogon dubius*, *Podospermum canum*, *Bromus inermis*, *Melica transilvanica*, *Stipa borysthenica*, *Silene alba*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Salvia nemorosa*

b) A 0 és -20 °C-os tárolás hatása a fajok nedvességtartalmára 2016-ban a kontroll értékekkel összehasonlítva

Kiszámoltam a 2016-os év vonatkozásában a 0 °C-os, illetve -20 °C-os tárolást követő mérési csoportok esetében az átlagokat, a standard hibát és a variációs együtthatót, majd elkészítettem a csoportok box plot diagramját (8. ábra).

Mivel a Levene-próba eredménye ($p = 0,006788$) alapján $p < 0,05$, azaz a minták szórása szignifikánsan eltérő volt, ezért a Welch-próbával folytattam az elemzést. A Welch-próba eredményéből látható, hogy a p értéke $< 0,05$, ezért elmondható, hogy szignifikáns különbség van a csoportok között. Annak megállapítására, hogy melyik két minta között van szignifikáns különbség a Tukey-féle páronkénti tesztet alkalmaztam, mivel igazolódott a normál eloszlás ($p > 0,005$).

A vizsgált magok nedvességtartalmának megőrzését a -20 °C-os tárolási hőmérséklet biztosította, míg a 0 °C-on történő tárolás esetén a nedvességtartalom nőtt a kontrollhoz és a -20 °C-os tárolási hőmérsékletéhez képest is.



8. ábra: A tárolási hőmérséklet hatása a mágnesvességtartalomra, 2016

10. táblázat: A tárolási hőmérséklet hatása a mágnesvességtartalomra a vizsgált fajok esetében*, 2016

	Kontroll	2016 0 °C	2016 -20 °C
N	5	5	5
Átlag	0,002 a	0,006 a	0,004 a
Standard hiba	0,000	0,001	0,001
CV	14,387	39,469	55,645

megjegyzés: eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0.05$). Tukey páronkénti teszt

**Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthénica*, *Lotus corniculatus*, *Salvia nemorosa*

4.1.3 A csírázási százalékok és a vízáktívitas értékek összefüggése

Amikor a tárolás előtt mért csírázási és vízáktívitas értékeket vettem össze, megállapítottam, hogy a két érték között erős negatív korreláció állt fent ($r = -0,733$), azonban a mágnesvességtartalom és a csírázási százalék közötti korreláció szignifikánsan nem tér el 0-tól 95%-os szinten. 2015-ben a 0 °C-os, illetve -20 °C-os tárolást követően is csak gyenge negatív korrelációt állapítottam meg a változók között ($-0,1527$ és $-0,372$). A második évben a 0 °C-os tárolást követően szintén gyenge negatív korreláció állt fent a két adat között ($r = 0,223$), míg a -20 °C-os tárolást követően gyenge pozitív korreláció mutatkozott a csírázási eredmények és az a_w értékek között.

A kapott szóródási diagramokat a 3. melléklet tartalmazza.

4.2. Laboratóriumi csíráztatások

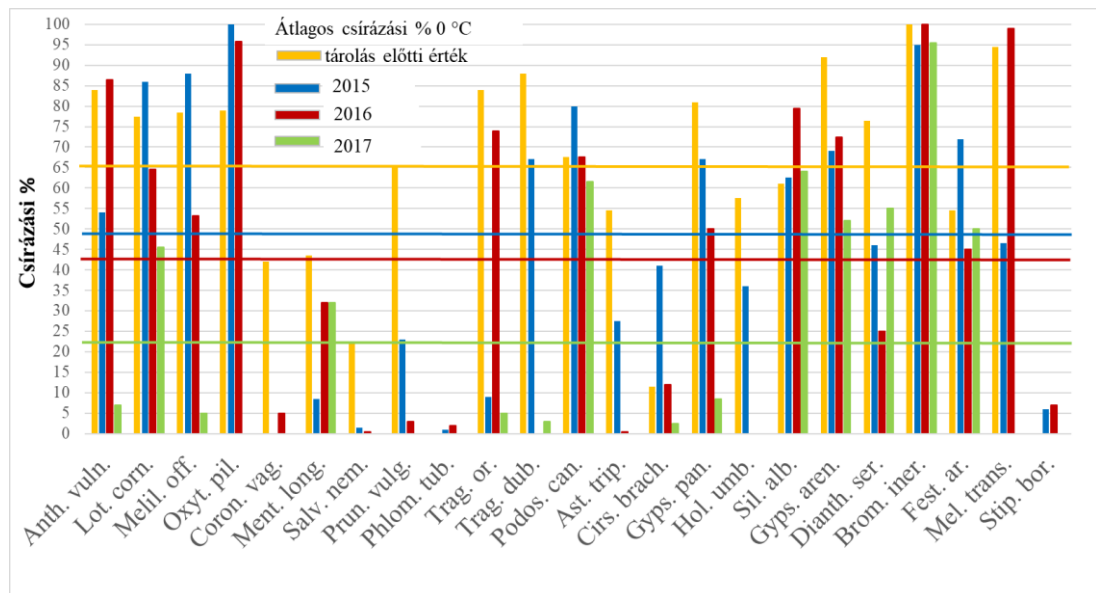
A laboratóriumi vizsgálatok eredményét a 11. táblázat, míg az alkalmazott csíráztatási módszereket a 4. táblázat tartalmazza. A vizsgált 23 faj közül 10 nem szerepelt a SID adatbázisban, így ezeknél a fajoknál ki kellett dolgozni a megfelelő módszert.

11. táblázat: A választott fajok laboratóriumi csírázási eredményei

Faj	Csírázási eredmény						
	tárolás előtt	2015		2016		2017	
		0°C	-20°C	0°C	-20°C	0°C	-20°C
Fabaceae							
<i>Anthyllis vulneraria</i>	87	14	58	85	91	1	22
	81	94	93	88	91	13	27
<i>Lotus corniculatus</i>	83	92	98	86	69	30	67
	72	80	9	43	7	61	8
<i>Melilotus officinalis</i>	75	92	98	64	98	0	31
	82	84	68	43	96	10	11
<i>Oxytropis pilosa</i>	79	100	97	96	72	0	0
	na	na	na	96	98	0	0
<i>Coronilla vaginalis</i>	42	na	8	5	9	0	3
Lamiaceae							
<i>Mentha longifolia</i>	3	0	7	0	63	0	61
	84	17	11	64	78	64	76
<i>Salvia nemorosa</i>	12	0	0	0	1	0	2
	33	3	20	1	11	0	20
<i>Prunella vulgaris</i>	51	10	88	0	76	0	74
	79	36	76	6	82	0	75
<i>Phlomis tuberosa</i>	0	1	1	2	0	0	0
Asteraceae							
<i>Tragopogon orinetalis</i>	84	9	92	74	90	5	64
<i>Tragopogon dubius</i>	88	67	77	0	96	3	44
<i>Podospermum canum</i>	88	94	84	62	92	92	64
	47	66	67	73	72	31	56
<i>Aster tripolium</i>	54	5	45	0	50	0	47
	55	50	22	1	36	0	81
<i>Cirsium brachycephalum</i>	16	41	39	11	48	0	59
	7	na	na	13	15	5	48
Caryophyllaceae							
<i>Gypsophila paniculata</i>	87	51	78	75	84	12	80
	75	83	83	25	88	5	73
<i>Holosteum umbellatum</i>	59	40	46	0	96	0	83
	56	32	2	0	98	0	97
<i>Silene alba</i>	89	67	75	85	85	62	84
	33	58	66	74	82	66	84
<i>Gypsophila arenaria</i>	96	69	93	62	70	19	80
	88	na	na	83	81	85	79
<i>Dianthus serotinus</i>	64	46	36	25	82	21	79
	89	na	na	na	na	89	78

Faj	Csírázási eredmény						
	tárolás előtt	2015		2016		2017	
		0°C	-20°C	0°C	-20°C	0°C	-20°C
<i>Poaceae</i>							
<i>Bromus inermis</i>	100	91	79	100	97	96	97
	100	99	100	100	96	95	95
<i>Festuca arundinacea</i>	56	93	57	51	62	62	47
	53	51	70	39	66	38	54
<i>Melica transsilvanica</i>	98	40	96	99	98	0	99
	91	53	89	99	94	0	99
<i>Stipa borysthenica</i>	na	6	19	7	49	na	18

A 0 °C-on végzett laboratóriumi csíráztatások átlageredményeit mutatja a 9. ábra fajok szerint az egyes években, ahol a vízszintes vonalak az egyes évek átlagos csírázási eredményeit jelölik.

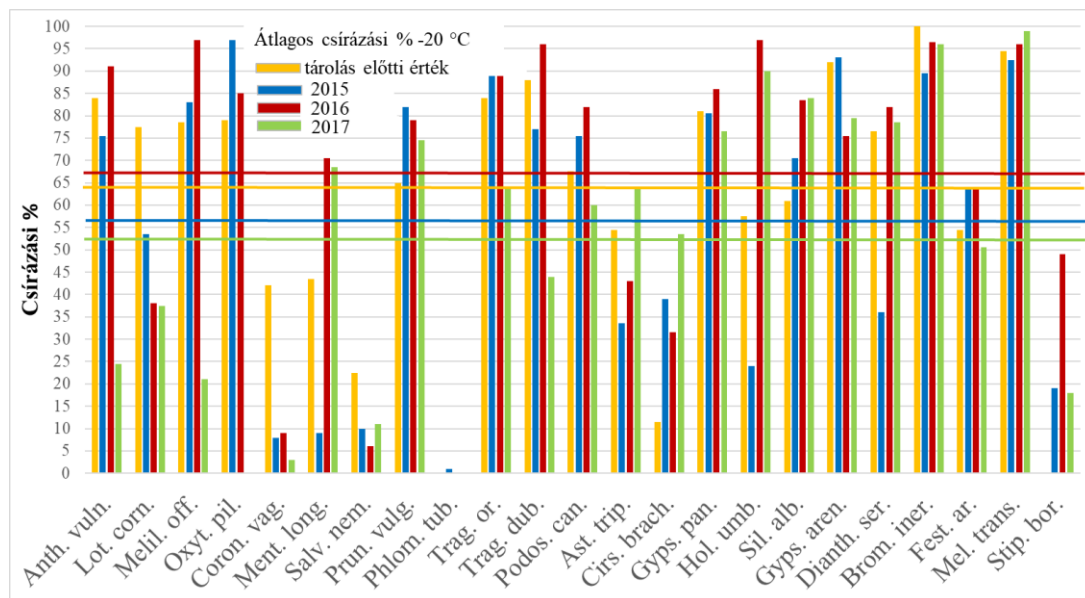


9. ábra: A laboratóriumi csíráztatások eredménye a 0 °C-os tárolást követően

A 9. ábráról leolvasható, hogy az átlagos csírázási eredmények az egyes években fokozatosan csökkentek, a legnagyobb mértékű csökkenés az utolsó évben volt tapasztalható, ahol a tárolás előtti 64%-ról 22%-ra csökkentek az átlagos eredmények. A diagramon az is látszik, hogy a 0 °C-os tárolási hőmérséklet hatására az *Aster tripolium*, a *Cirsium brachycephalum*, a *Melica transsilvanica*, a *Gypsophila paniculata*, a *Holosteum umbellatum*, az *Anthyllis vulneraria*, a *Melilotus officinalis*, az *Oxytropis pilosa* és a *Prunella vulgaris* esetében a csírázási százalék szinte nullára esett vissza, vagyis a 3. vizsgálati évben már szinte egyáltalán nem csíráztak ezek a fajok laboratóriumi körülmények között. Az is megfigyelhető, hogy egyes fajok átlagos eredményei esetenként nagyon hektikusan alakultak, a 2. évben kiugróan jó eredmények születtek, majd a 3. évben jelentős (esetenként teljes) visszaesés volt tapasztalható, például az *Anthyllis vulneraria*-nál vagy a *Tragopogon orientalis*-nál, viszont a *Melica transsilvanica* és az *Oxytropis pilosa* esetében a második évben nemcsak az első, hanem a tárolás előtti eredményeknél is magasabb csírázási százalékot kaptam.

A 7. táblázat adatai szerint az utolsó vizsgálati évben a 0 °C-os tárolást követően a vizsgált 23 faj közül 17 esetében szignifikáns csökkenés következett be az átlagos csírázási eredményekben a tárolás előtti eredményekhez képest. 5 faj (*Podospermum canum*, *Festuca arundinacea*, *Silene alba*, *Mentha longifolia*, *Phlomis tuberosa*) esetében nem volt szignifikáns a változás (1 faj – *Stipa borysthena* – esetében pedig nem áll rendelkezésre tárolás előtti adat).

A -20 °C-on végzett laboratóriumi csíráztatások átlageredményeit mutatja a 10. ábra fajok szerint az egyes években.



10. ábra: A laboratóriumi csíráztatások eredménye a -20 °C-os tárolást követően

A 10. ábrán jól látszik, hogy a tárolás előtti évben kapott 64%-os átlagos csírázási százalékhoz képest 2015-ben és 2017-ben kis mértékű, egyenletesnek mondható csökkenés volt tapasztalható, míg 2016-ban az átlagos eredmények meghaladták a tárolás előtti értékeket. Az egyes fajok eredményeit elemezve elmondható, hogy – az *Oxytropis pilosa* kivételével - gyakorlatilag nem volt olyan faj, amely elvesztette volna a csírázási képességét az utolsó évre (az *Aster tripolium* és a *Phlomis tuberosa* esetében történt meg ez, viszont ezek a fajok minden évben nagyon gyengén csíráztak), és az évről évre hektikusan csírázó fajok száma is kevesebb. Az eredményeket összehasonlítva a 0 °C-on kapott eredményekkel, néhány faj esetében szembetűnő eltérések tapasztalhatóak, pl. a Tragopogon fajok esetében, de a korábbiakban kiemelt *Aster tripolium*, a *Cirsium brachycephalum*, a *Melica transsilvanica*, a *Holosteum umbellatum*, a *Prunella vulgaris* a -20 °C-os tárolást követően még az utolsó évben is kifejezetten jó eredménnyel csíráztak, míg 0 °C-on már nem (vagy csak alig) bizonyultak csírázóképesnek ugyanebben az évben. Tehát ezen fajok esetében az alacsonyabb tárolási hőmérséklet kedvezően befolyásolta a fajok eltarthatósági idejét.

Megvizsgáltam a laboratóriumi csíráztatások eredményét a különböző tárolási hőmérsékletek szerint, összehasonlítva, hogy csökkent vagy nőtt a csírázási százalék a tárolás előtti értékhez képest a kísérlet utolsó évében. 12. táblázat adataiból jól látható, hogy a vizsgálat utolsó évében a 0 °C-os tárolást követően minden faj csírázási eredménye csökkenést mutatott. Ezzel szemben a -20°-os tárolást követően a kezdeti értékeket meghaladó javulás következett be az eredményekben 8 fajnál: az *Aster tripolium*-nál, a *Cirsium brachycephalum*-nál, a *Melica transsilvanica*-nál, a

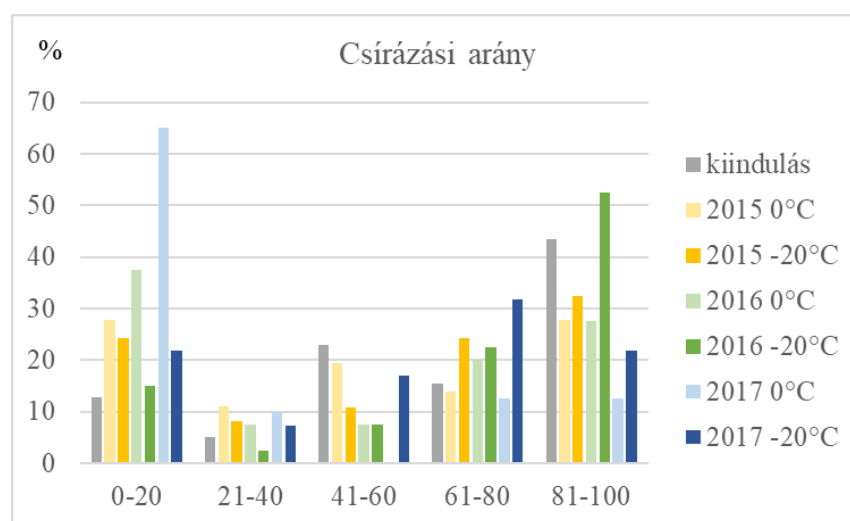
Holosteum umbellatum-nál, a *Silene alba*-nál, a *Prunella vulgaris*-nál, a *Phlomis tuberosa*-nál és a *Mentha longifolia*-nál.

12. táblázat: Az egyes fajok csírázásdinamikája a vizsgálat utolsó évében a kiindulási (tárolás előtti) értékekhez viszonyítva

*** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$, ns: nem szignifikáns, ↑: csírázási % növekedett, ↓: csírázási % csökkent, n: ismétlésszám

faj	tétel szám	n	csírázási %			tárolási idő	növekedés/ csökkenés 0°C	szigni- fikancia	növekedés/ csökkenés -20°C	szigni- fikancia
			kiind.	2017 0°C	2017 -20°C					
Fabaceae										
<i>Anthyllis vulneraria</i>	2	4	84	7	24,5	4/5	↓	***	↓	***
<i>Lotus corniculatus</i>	2	4	77,5	45,5	37,5	2/4	↓	***	↓	***
<i>Melilotus officinalis</i>	2	4	78,5	5	21	5	↓	***	↓	***
<i>Oxytropis pilosa</i>	2	4	79	0	0	2/3	↓	***	↓	***
<i>Coronilla vaginalis</i>	1	4	42	0	3	3	↓	***	↓	***
Lamiaceae										
<i>Mentha longifolia</i>	2	4	43,5	32	68,5	4		ns	↑	***
<i>Salvia nemorosa</i>	2	4	22,5	0	11	5	↓	***	↓	***
<i>Prunella vulgaris</i>	2	4	65	0	74,5	5	↓	***	↑	***
<i>Phlomis tuberosa</i>	1	4	0	0	0	3		ns	↑	*
Asteraceae										
<i>Tragopogon orientalis</i>	1	4	84	5	64	5	↓	***	↓	***
<i>Tragopogon dubius</i>	1	4	88	3	44	3	↓	***	↓	***
<i>Podospermum canum</i>	2	4	67,5	61,5	60	4		ns		ns
<i>Aster tripolium</i>	2	4	54,5	0	64	5/4	↓	***	↑	*
<i>Cirsium brachycephalum</i>	2	4	11,5	2,5	53,5	3	↓	***	↑	***
Caryophyllaceae										
<i>Gypsophila paniculata</i>	2	4	81	8,5	76,5	5	↓	***		ns
<i>Holosteum umbellatum</i>	2	4	57,5	0	90	4	↓	***	↑	***
<i>Silene alba</i>	2	4	61	64	84	5/4		ns	↑	***
<i>Gypsophila arenaria</i>	2	4	92	52	79,5	2/3	↓	***	↓	***
<i>Dianthus serotinus</i>	2	4	76,5	55	78,5	1/4	↓	***		ns
Poaceae										
<i>Bromus inermis</i>	2	4	100	95,5	96	5	↓	***	↓	***
<i>Festuca arundinacea</i>	2	4	54,5	50	50,5	4		ns		ns
<i>Melica transsilvanica</i>	2	4	94,5	0	99	5	↓	***	↑	***
<i>Stipa borysthena</i>	1	4	na	na	18	3	na	na	na	na

A 11. ábra azt mutatja, hogy a 0 és -20 °C-on tárolt tételek milyen arányban csíráztak az egyes években.



11. ábra: A 0 °C-on és -20 °C-on tárolt tételek csírázási aránya

Az egyes években fokozatosan nőtt a 0-20% közötti csírázási százalékot elérő, 0 °C-on tárolt tételek aránya, 2017-ben ez az arány már a 65%-ot is elérte. Ezzel párhuzamosan az utolsó vizsgálati évben, a tételek mindössze alig több mint 10%-a tartozott a 81-100%-os csírázási intervallumba. Az is megfigyelhető, hogy szinte valamennyi évben a szélső tartományokba esik a tételek legnagyobb százaléka.

A 11. ábrán jól látszik, hogy a tárolás előtt a tételek legnagyobb része a 81-100% közötti csírázási tartományba esett. A -20 °C-on tárolt tételek esetében némiképp fordított képet kapunk a tételek csírázási arányát tekintve, mivel 2016-ban a tételek több mint 50%-a esett a legmagasabb (81-100%) csírázási tartományba, de még 2017-ben is több mint 21%-uk (szemben a 0 °C-on tárolt tétellekkel, ahol 2017-ben ez az arány alig haladta meg a 10%-ot).

Az alacsonyabb hőmérsékletről kivett tételleknél elmondható, hogy valamennyi évben kevés tétel (arányuk egyik évben sem haladta meg a 25%-ot, szemben a 0 °C-on tárolt tétellekkel, ahol 2017-ben ez az arány már 65% volt) csírázott 21-40% között, viszont a 61-80% között csírázott tétel aránya magasabb volt némileg, mint a 0 °C-on tárolt tételleknél, és az egyes években szinte mindvégig emelkedett a számuk.

4.3. Az üvegházi és laboratóriumi körülmények között végzett csíráztatások eredményei

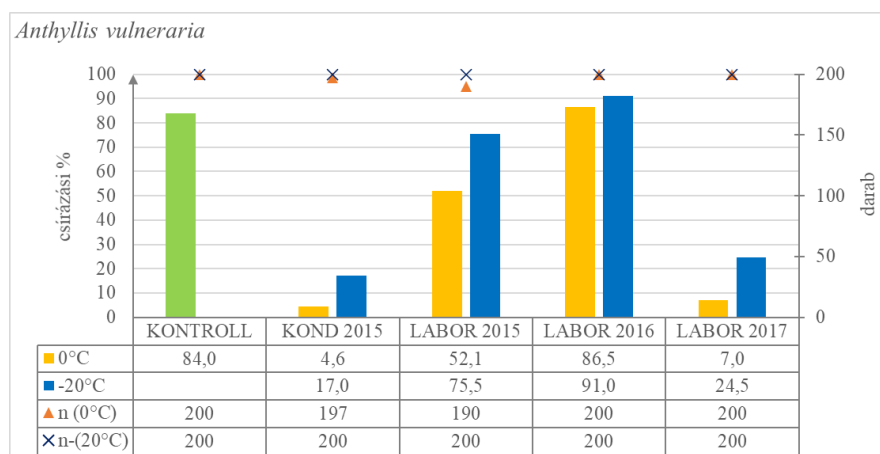
A gyűjtést követően (kontroll) végzett csíráztatások igazolták valamennyi választott tétel életképességét. Az alábbiakban részletesen ismertetem az egyes fajok eredményeit, amelyet a 14. táblázat is tartalmaz összesítve [A diagramokon a kontroll érték a tárolás előtt kapott csírázási eredményeket jelenti, míg a kondicionált (kond.) körülmények alatt az üvegházi csíráztatásokat értem].

4.3.1. Fabaceae család

Anthyllis vulneraria

A laboratóriumi körülmények között 2016-ban 0 °C-on és -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a többi körülményen kapott értékeket (12. ábra). A többi esetben nem tapasztaltam szignifikáns eltérést. Leggyengébb eredményeket az üvegházi csíráztatások, valamint a 2017-es laboratóriumi vizsgálatok során kaptam. Ez utóbbi különösen érdekes annak tükrében, hogy az előző évben 85% feletti értékek mutatkoztak, majd 2017-ben ezek 7 ill. 25 %-ra estek vissza.

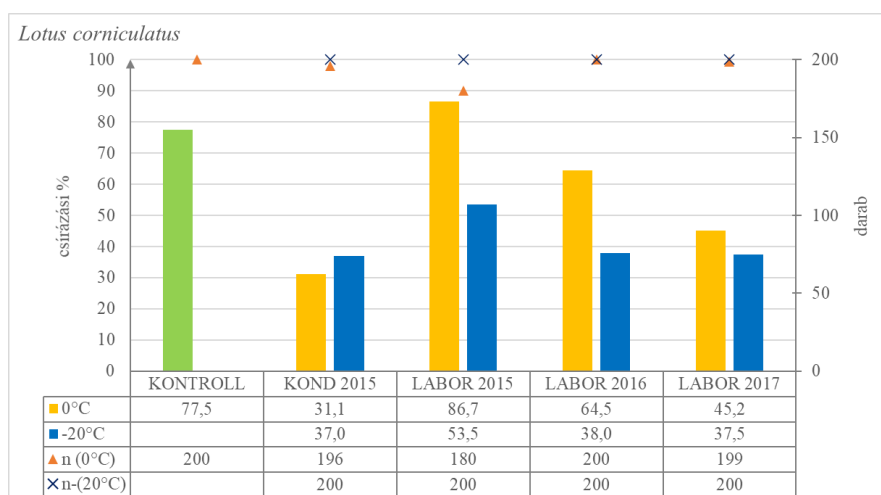
A tételek üvegházban alig csíráztak (<10%), míg laboratóriumban ugyanezen évben 80% feletti eredményeket kaptam.



12. ábra: Csírázott magok aránya az *Anthyllis vulneraria* esetében

Lotus corniculatus

A 2015-ben laboratóriumi körülmények vizsgált, 0 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a kontroll vizsgálat, illetve a többi évben végzett csíráztatások eredményét. A többi esetben nem tapasztaltam szignifikáns eltérést. Kiss és munkatársai (2018) szintén csíráztatták a fajt üvegházi körülmények között, ahol 20% alatti eredményt kaptak. Az általam kapott üvegházi eredmények, mindkét tárolási körülményen meghaladták a 30%-ot [bár fontos hangsúlyozni, hogy a -20 °C-on tárolt tételek egyike üvegházban egyáltalán nem csírázott, míg szabadföldön ugyanezen évben ismét 30% felett csírázott (13. ábra)].

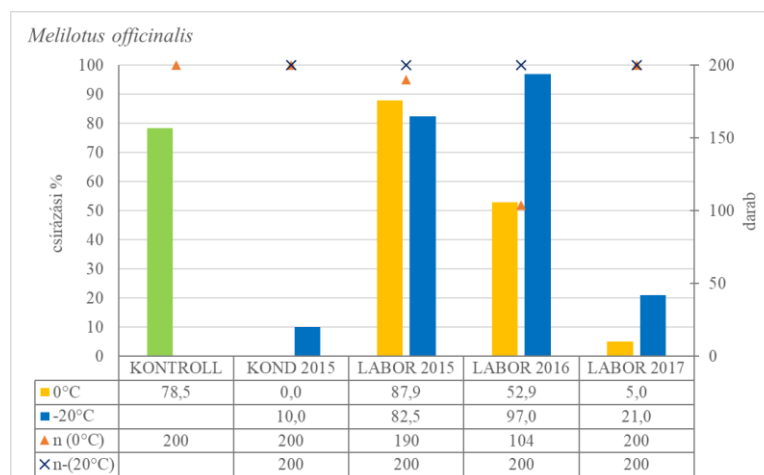


13. ábra: Csírázott magok aránya a *Lotus corniculatus* esetében

Melilotus officinalis

A 2016-ban laboratóriumi körülmények vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a kontroll vizsgálat, illetve a többi évben végzett csíráztatások eredményét, különös tekintettel az ugyanezen évben vizsgált, 0 °C-on tárolt minták eredményére. A többi esetben nem tapasztaltam szignifikáns eltérést. Leggyengébb eredményeket az üvegházi csíráztatások, valamint a 2017-es laboratóriumi vizsgálatok során kaptam. Ez utóbbi különösen érdekes annak tükrében, hogy az előző évben 53, ill. 97% feletti értékek mutatkoztak, majd 2017-ben ezek 5 ill. 21%-ra estek vissza.

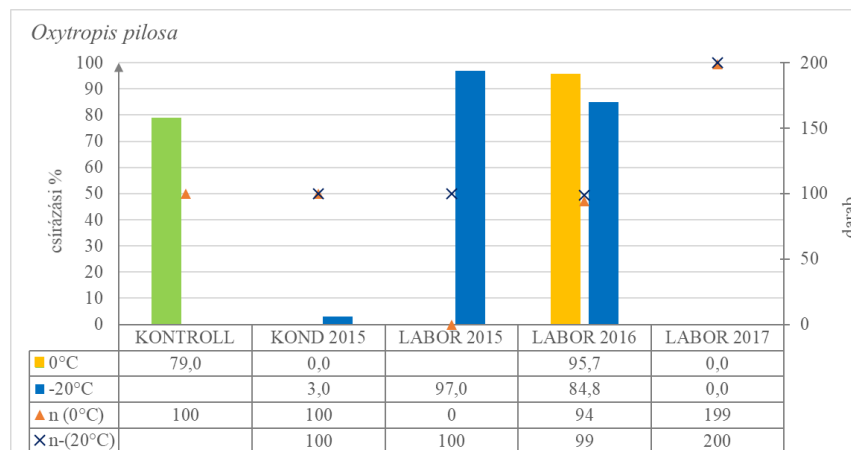
A -20 °C-on tárolt tételek egyike üvegházban egyáltalán nem csírázott, míg laboratóriumban ugyanezen évben 92%-os eredményt kaptam (14. ábra).



14. ábra: Csírázott magok aránya a *Melilotus officinalis* esetében

Oxytropis pilosa

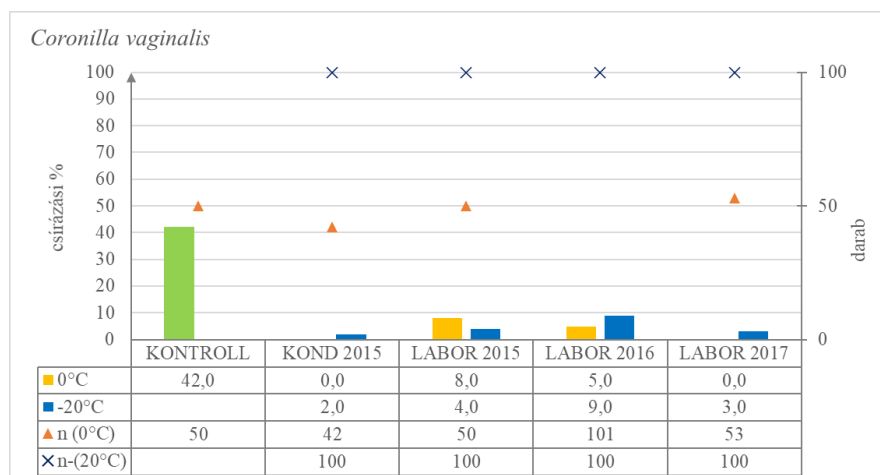
A laboratóriumi körülmények között vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége 2015-ben szignifikánsan meghaladta a kontroll értékeket, valamint az üvegházi eredményeket. 2017-ben viszont szignifikáns csökkenést mutattak a csírázási eredmények a 2016-ban kapott értékekhez képest, mindkét tárolási hőmérséklet esetében (15. ábra). Leggyengébb eredményeket ezúttal is az üvegházi csíráztatások, valamint a 2017-es laboratóriumi vizsgálatok során kaptam. Előző évben laborban 95, ill. 85% feletti értékek mutatkoztak, majd 2017-ben ezek 0%-ra estek vissza.



15. ábra: Csírázott magok aránya az *Oxytropis pilosa* esetében

Coronilla vaginalis

A csírázási értékek valamennyi vizsgált körülmény esetében szignifikánsan alul maradtak a tárolási előtti (kontroll) értékhez képest (16. ábra).

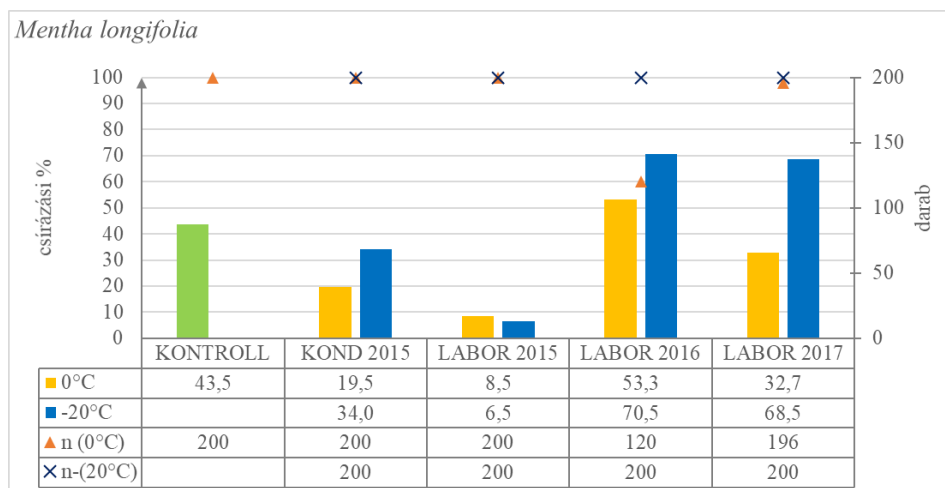


16. ábra: Csírázott magok aránya a *Coronilla vaginalis* esetében

4.3.2. *Lamiaceae* család

Mentha longifolia

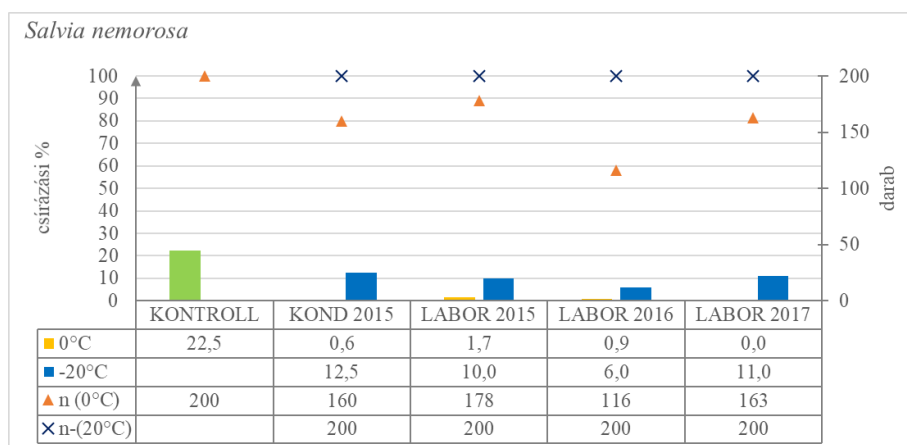
A laboratóriumi körülmények között 2016-ban és 2017-ben vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta nemcsak a kontroll, hanem a 2015-ben kapott értékeket is, valamint az ugyanezen években csíráztatott, 0 °C-on tárolt minták értékeire (17. ábra). A többi esetben nem tapasztaltam szignifikáns eltérést.



17. ábra: Csírázott magok aránya a *Mentha longifolia* esetében

Salvia nemorosa

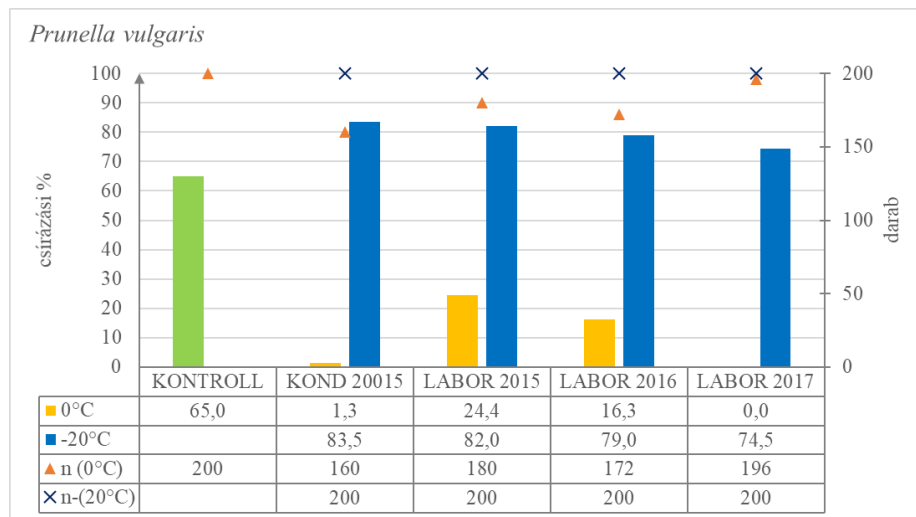
Valamennyi vizsgálati körülmény esetében a -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a 0 °C-on tárolt minták csírázási képességét. A kontroll vizsgálat eredménye szignifikánsan felülmúlta a többi vizsgálati év eredményét (18. ábra). A faj laboratóriumi csíráztatásával Nyárády-Szabadi és munkatársai (1992) foglalkoztak részletesen, akik többféle csíráztatási hőmérsékletet is kipróbáltak, de 25-35 °C-on a 21. napon sem értek el 60%-nál jobb eredményt. Alapvetően a váltakozó hőmérsékletet és a fényt tekintik döntőbbnek a konstanshoz képest, az előhűtés hatása kevésbé meghatározó szerepet játszik. A vizsgálatomban 20 és 30 °C-os váltakozó hőmérsékletet alkalmaztam, viszont - a módszerek tesztelése során - a sötétben csíráztatás kis mértékben kedvezőbb eredményt hozott, ezért a jelen vizsgálatban is ezt alkalmaztam.



18. ábra: Csírázott magok aránya a *Salvia nemorosa* esetében

Prunella vulgaris

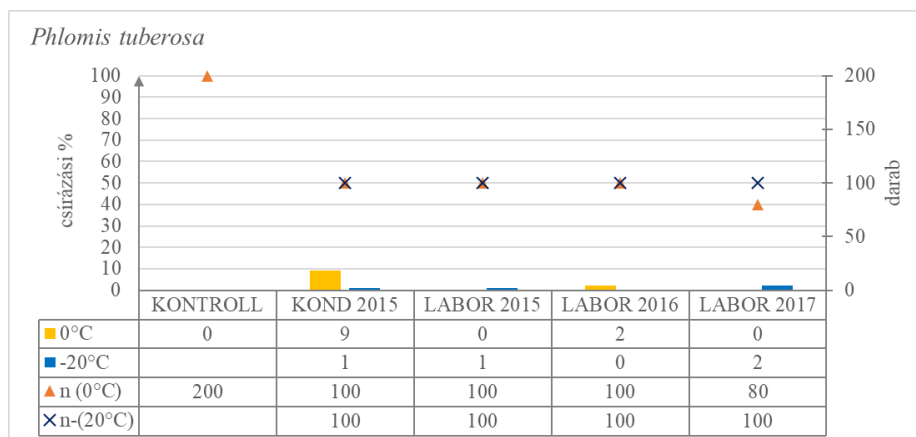
Valamennyi vizsgálati évben a -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a 0 °C-on tárolt minták csírázási képességét, valamint a kontroll vizsgálat eredményét (19. ábra). A 0 °C-on tárolt minták valamennyi évben gyengén csíráztak, az utolsó évben már nem bizonyolultak életképesnek.



19. ábra: Csírázott magok aránya a *Prunella vulgaris* esetében

Phlomis tuberosa

Egyedül az üvegházi körülmények között 2015-ben vizsgált, 0 °C-on tárolt minták csírázási képessége haladta meg szignifikánsan a többi körülményen végzett vizsgálatok eredményét. Az eredmények mindvégig 10 % alatt maradtak (20. ábra).

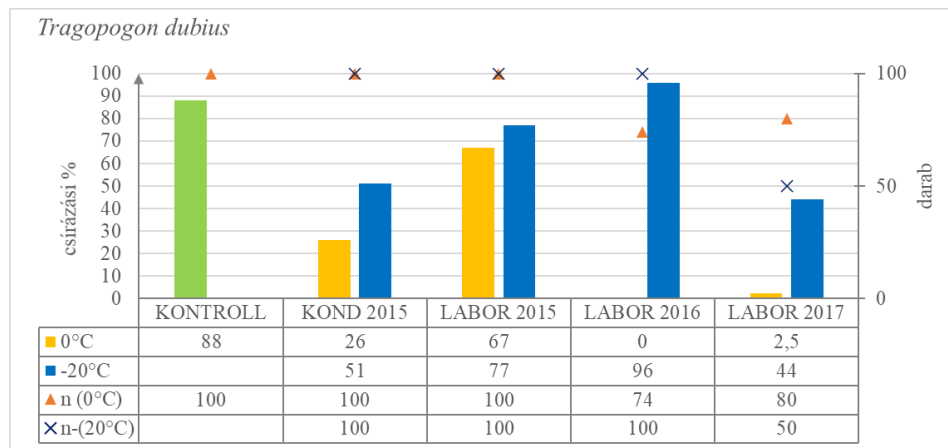


20. ábra Csírázott magok aránya a *Phlomis tuberosa* esetében

4.3.3. *Asteraceae* család

Tragopogon dubius

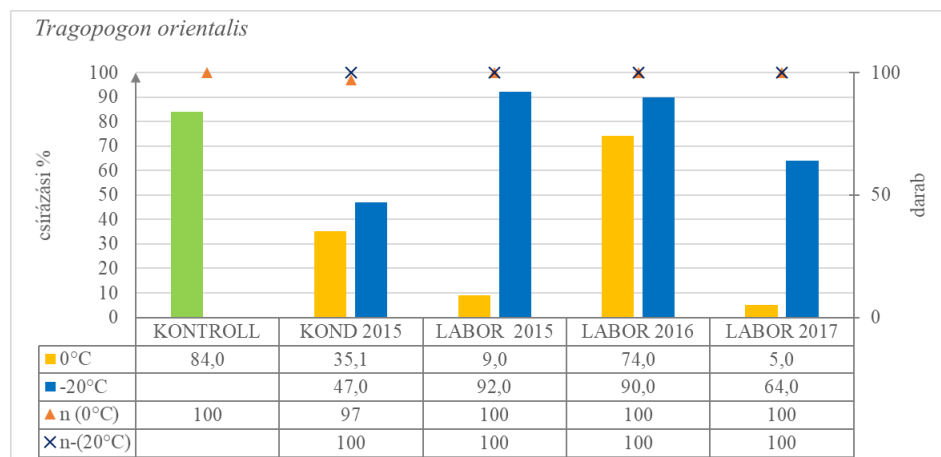
A kontroll vizsgálat és a laboratóriumi körülmények között 2016-ban vizsgált -20 °C-on tárolt minták csírázási eredménye szignifikánsan meghaladta a többi körülményen végzett vizsgálat eredményét (21. ábra). Laboratóriumban 2016-ban és 2017-ben a 0 °C-on tárolt minták nem, vagy csak minimális csírázást mutattak, míg 2015-ben 67% volt ez az eredmény.



21. ábra: Csírázott magok aránya a *Tragopogon dubius* esetében

Tragopogon orientalis

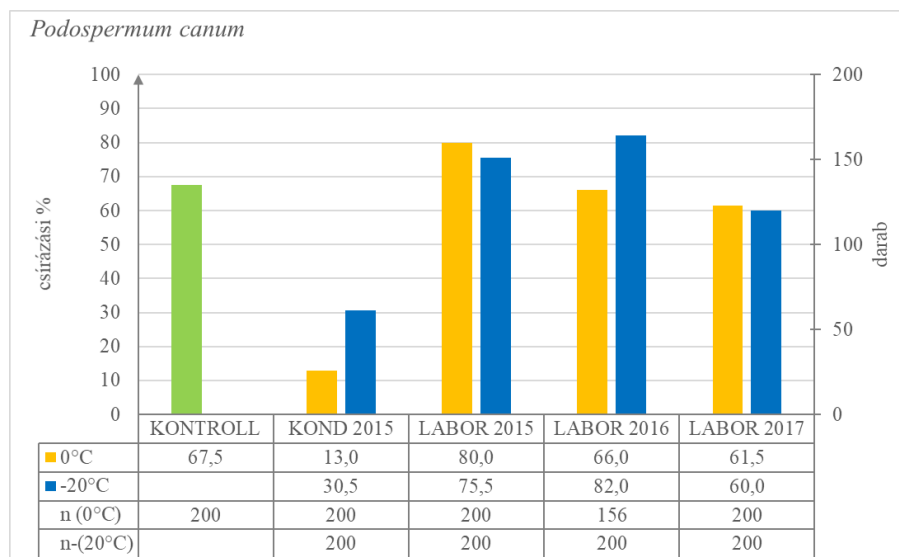
A laboratóriumi körülmények között 2015-ben és 2016-ban vizsgált -20 °C-on tárolt minták csírázási eredménye szignifikánsan meghaladta a többi körülményen végzett vizsgálat eredményét, viszont a kontroll vizsgálat eredményétől nem különbözött jelentősen (22. ábra). A többi esetben nem tapasztaltam szignifikáns eltérést.



22. ábra: Csírázott magok aránya a *Tragopogon orientalis* esetében

Podospermum canum

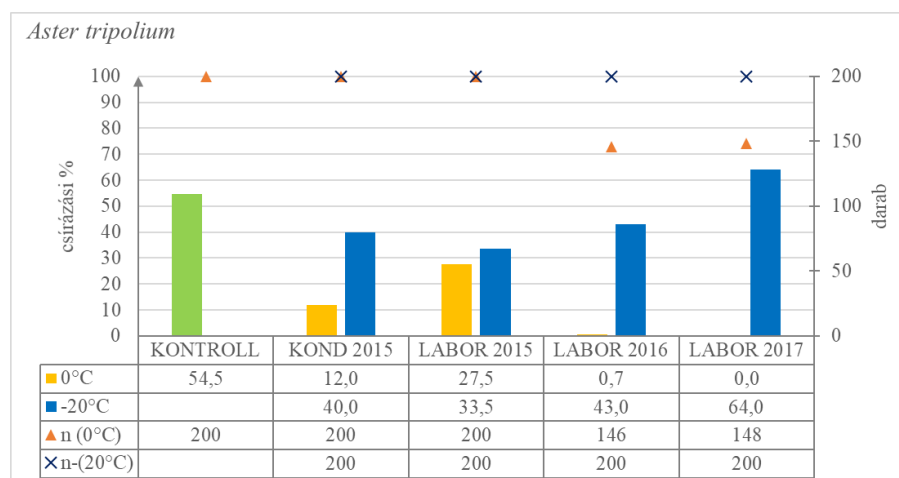
A kontroll vizsgálat eredménye nem különbözik szignifikánsan a laboratóriumi körülmények között 2015-ben, 2016-ban és 2017-ben vizsgált, 0 °C-on és -20 °C-on tárolt minták csírázási képességétől (23. ábra). Egyedül az üvegházi körülmények között végzett vizsgálatok eredményei maradtak el szignifikánsan a többi eredményhez képest ($p > 0,05$; Mann-Whitney teszt). A későbbi szabadföldi eredmények is az üvegházi eredményekhez hasonlóan gyengén alakultak. Az üvegházi vizsgálataim során a legjobb eredmény 30% volt, azonban Kiss és munkatársai (2018) arról számolnak be, hogy hasonló körülmények között vizsgálva a *Podospermum canum* szerepelt legjobban, 80% feletti eredménnyel.



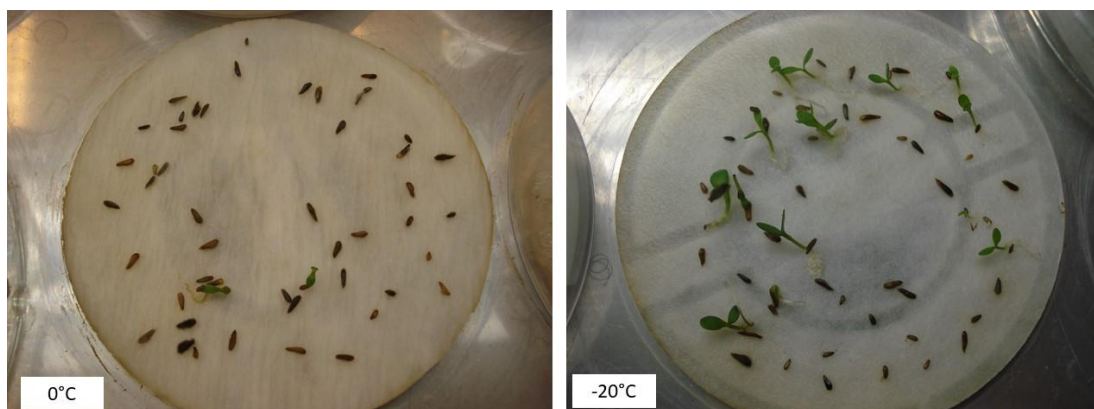
23. ábra: Csírázott magok aránya a *Podospermum canum* esetében

Aster tripolium

A kontrollhoz képest szignifikánsan alacsonyabb értéket kaptam szinte minden vizsgált körülmény esetén, viszont a 2017-ben laboratóriumban vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási értéke szignifikánsan magasabb volt valamennyi csíráztatási eredménynél (24. ábra). Laboratóriumban 2016-ban és 2017-ben szinte egyáltalán nem csíráztak ki a 0 °C-on tárolt minták. A laboratóriumi és az üvegházi csíráztatásokról készült fotók a 25. és 26. ábrán láthatóak.



24. ábra: Csírázott magok aránya az *Aster tripolium* esetében



25. ábra: Az *Aster tripolium* (HUSEED000154) csírázása laboratóriumban 2015-ben

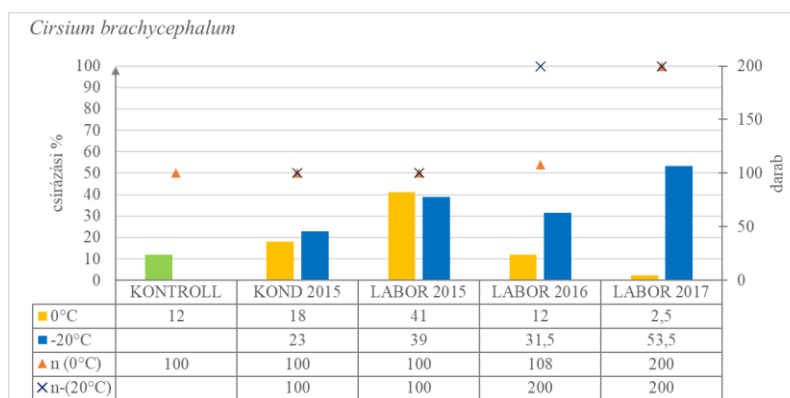


26. ábra: A -20 °C-on tárolt *Aster tripolium* (HUSEED000154) csírázása üvegházban 2015-ben

Cirsium brachycephalum

A 2017-ben laboratóriumban vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási eredménye szignifikánsan felülmúlta a többi körülményen kapott eredményeket, különös tekintettel a 2017-ben laboratóriumban vizsgált, 0 °C-on tárolt minták csírázására, amely mindössze 2,5% volt. A 0 °C-on tárolt minták csírázási eredménye, laboratóriumi körülmények között vizsgálva, csak 2015-ben haladta meg szignifikánsan a többi évben 0 °C-on kapott értékeket. Az üvegházi eredmények meghaladták a tárolás előtt kapott kontroll értékeket, mindkét tárolási hőmérséklet esetében (27. ábra).

Az üvegházi kelésekről készült fotók a 28. ábrán láthatóak.



27. ábra: Csírázott magok aránya a *Cirsium brachycephalum* esetében

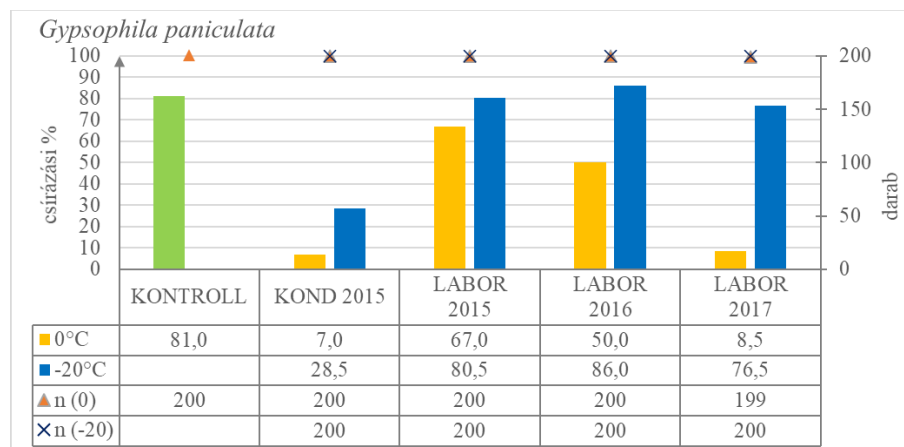


28. ábra: A -20 °C-on tárolt *Cirsium brachycephalum* tételek (HUSEED001052) kelése üvegházban 2015-ben

4.3.4. Caryophyllaceae család

Gypsophila paniculata

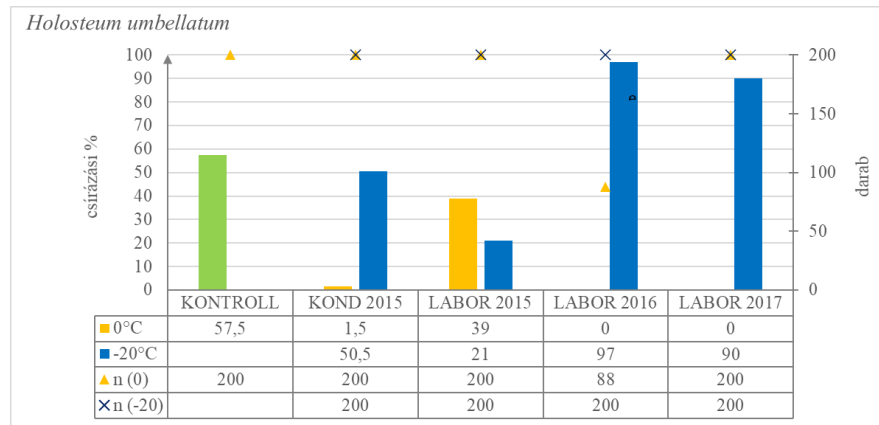
A 0 °C-on tárolt minták csírázási eredménye szignifikánsan alacsonyabb volt a kontroll eredményénél valamennyi körülmény esetében, míg a -20 °C-on tárolt minták eredményei – az üvegházi körülmények között végzett csíráztatás kivételével, ahol szignifikáns csökkenés volt megfigyelhető – nem tértek el szignifikánsan a kontroll eredménytől (29. ábra). Érdekes, hogy míg a 0 °C-on tárolt tételek egyike üvegházban 2015-ben 5% alatt csírázott, míg laboratóriumban ugyanezen évben 70%-os eredményt kaptam.



29. ábra: Csírázott magok aránya a *Gypsophila paniculata* esetében

Holosteum umbellatum

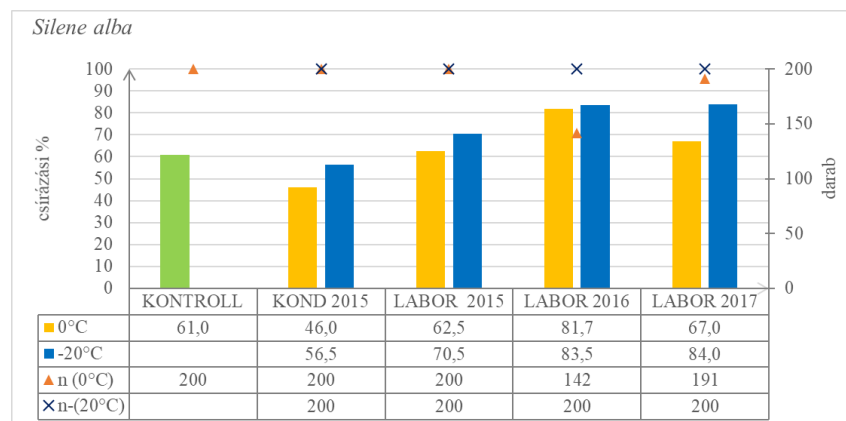
A 2016-ban és 2017-ben -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége kiemelkedően jónak bizonyult, a 90%-ot is meghaladták a csírázási értékek (30. ábra). Ezzel szemben ugyanezen években a 0 °C-on tárolt tételek egyáltalán nem csíráztak. 2015-ben üvegházban szinten egyáltalán nem csíráztak a 0 °C-on őrzött minták, míg a -20 °C-on tároltak 50% -os eredményt mutattak.



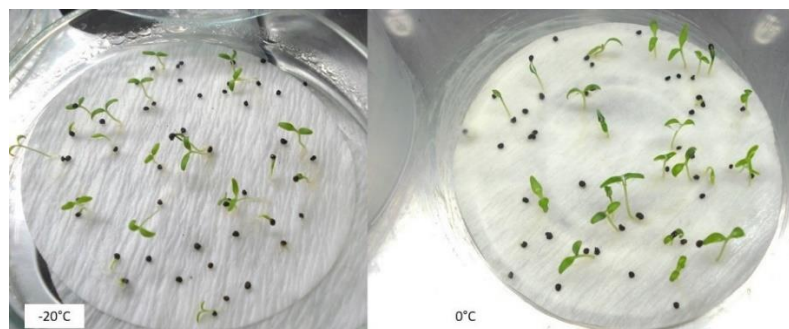
30. ábra: Csírázott magok aránya a *Holosteum umbellatum* esetében

Silene alba

A laboratóriumi körülmények között 2016-ban és 2017-ben vizsgált, 0 °C-on és -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a többi körülmény között kapott értékeket. A 0 °C-on tárolt tételek egyike üvegházban egyáltalán nem csírázott, míg laboratóriumban ugyanezen évben 75%-os eredményt kaptam (31. ábra).



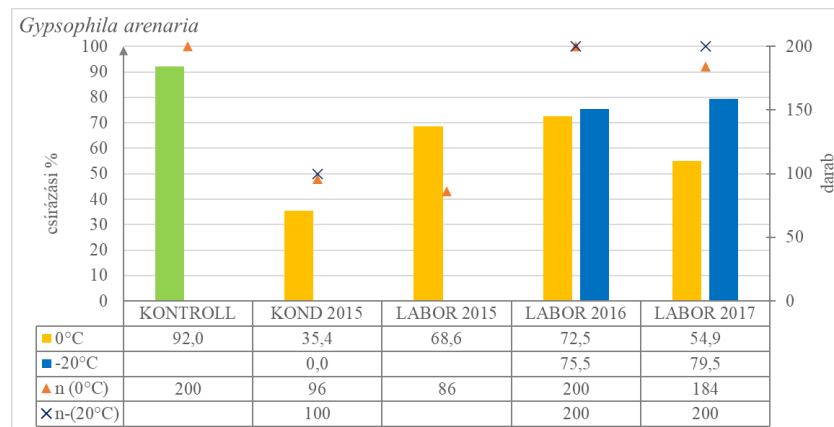
31. ábra: Csírázott magok aránya a *Silene alba* esetében



32. ábra: A 0 és -20 °C-on tárolt *Silene alba* (HUSEED000337) csírázása laboratóriumban (saját felvétel dátuma: 2015. febr.)

Gypsophila arenaria

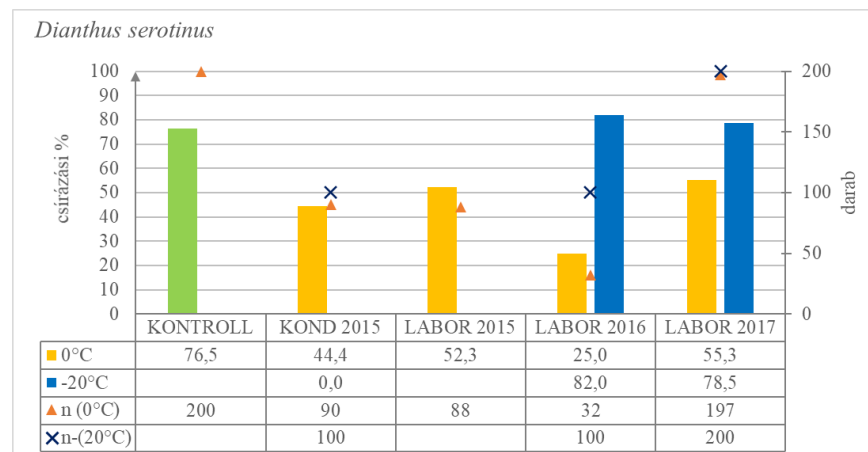
A kontroll vizsgált eredményéhez képest szignifikánsan alacsonyabb értéket kaptam valamennyi vizsgált körülmény esetében (33. ábra). Üvegházban és 2015-ben a laboratóriumi csíráztatások során a -20 °C-on tárolt minták egyáltalán nem csíráztak, míg 2016-ban és 2017-ben ugyanezen körülményen 70% feletti eredményeket kaptam.



33. ábra: Csírázott magok aránya a *Gypsophila arenaria* esetében

Dianthus serotinus

A 0 °C-on tárolt minták csírázási eredménye szignifikánsan csökkent a kontroll eredményéhez képest az egyes években, kivéve a 2017-es évet, amikor nem volt szignifikáns a változás (34. ábra). A laboratóriumi körülmények között 2016-ban és 2017-ben vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási képessége szignifikánsan meghaladta a 2016-ban vizsgált, 0 °C-on tárolt minták csírázási képességét. A -20 °C-on tárolt tételek egyike üvegházban egyáltalán nem csírázott, míg laboratóriumban ugyanabban az évben 82%-os eredményt kaptam.

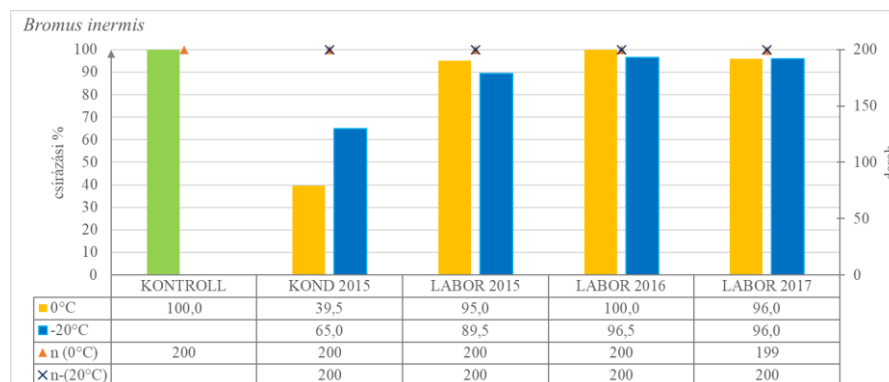


34. ábra: Csírázott magok aránya a *Dianthus serotinus* esetében

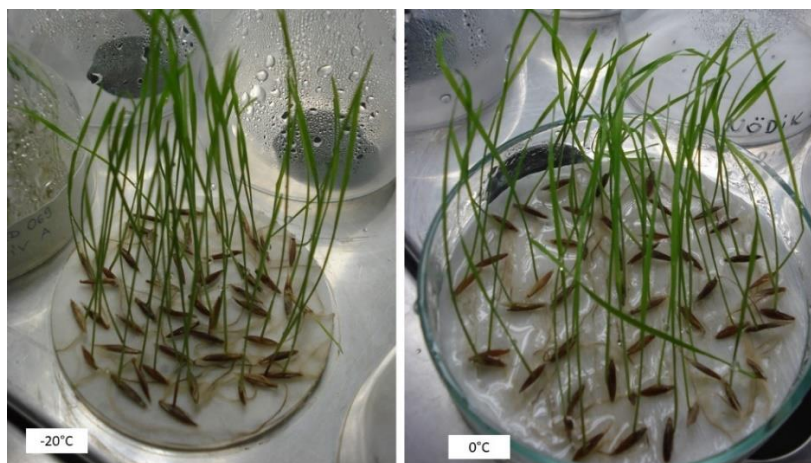
4.3.5. *Poaceae* család

Bromus inermis

A faj valamennyi évben és vizsgálati körülményen közel 100%-osan csírázott. Csírázóképeségben egyedül az üvegházi eredmények maradtak alul a többi körülményen kapott értékektől (35. ábra). A laboratóriumi csíráztatásokról készült fotók a 36. ábrán láthatóak.



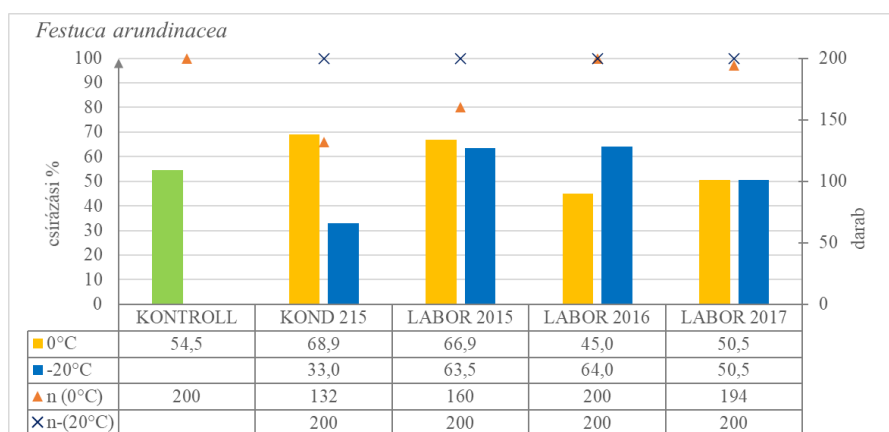
35. ábra: Csírázott magok aránya a *Bromus inermis* esetében



36. ábra: A 0 és -20 °C-on tárolt *Bromus inermis* (HUSEED000069) csírázása laboratóriumban (saját felvétel dátuma: 2016. február)

Festuca arundinacea

A csírázási eredmények csak az üvegházi körülmények között 2015-ben vizsgált, -20 °C-on tárolt minták esetében maradtak alul szignifikánsan a kontroll vizsgálat eredményéhez képest. A többi esetben nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest (37. ábra).

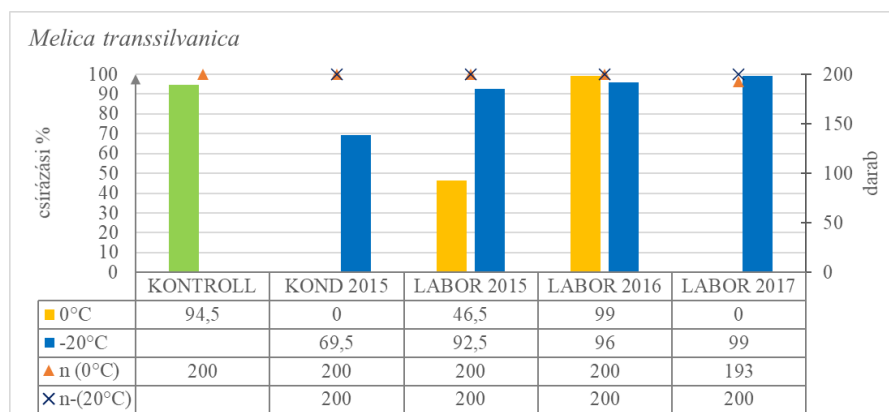


37. ábra: Csírázott magok aránya a *Festuca arundinacea* esetében

Melica transsilvanica

A legjobb csírázási eredményeket 2016-ban kaptam, továbbá a 2017-ben a -20 °C-on tárolt minták csíráztatása során, minden esetben 90% felett alakultak az eredmények. Fontos kiemelni, hogy ugyanakkor 2017-ben a 0 °C-on tárolt minták

gyakorlatilag egyáltalán nem csíráztak, csakúgy mint az üvegházi körülmények között vizsgált, 0 °C-on tárolt minták. De a 2015-ös laborvizsgálatok is gyengébb (50% alatt) eredményeket mutattak a 0 °C-on tárolt minták esetében (38. ábra). A laboratóriumi csíráztatásokról készült fotók a 39. ábrán láthatóak.



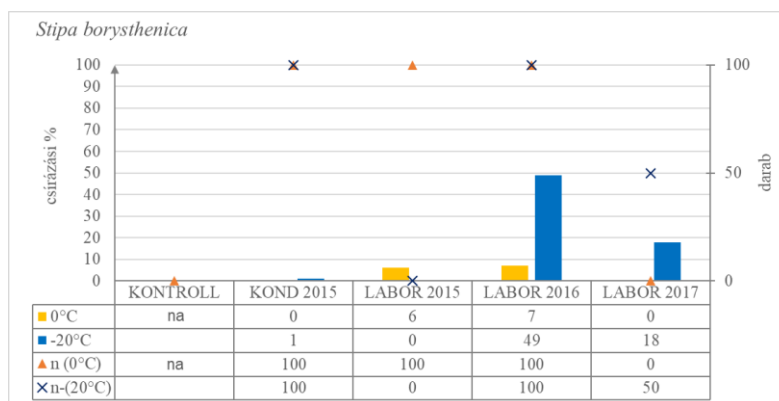
38. ábra: Csírázott magok aránya a *Melica transsilvanica* esetében



39. ábra: -20 °C-on tárolt *Melica transsilvanica* (HUSEED00052) csírázása laboratóriumban 2017-ben

Stipa borysthena

A laboratóriumi körülmények között 2016-ban és 2017-ben vizsgált, -20 °C-on tárolt minták csírázási képesség szignifikánsan meghaladta a többi körülményen végzett vizsgálat eredményét (40. ábra). Üvegházban szinte egyáltalán nem csíráztak ki a vetett magok, de 2015-ben is nagyon alacsony eredményeket kaptam. (A kontroll értékek nem álltak rendelkezésre).



40. ábra: Csírázott magok aránya a *Stipa borysthena* esetében

4.4. Szabadföldi vizsgálatok

A szabadföldi vetések különböző időpontjaiban kapott csírázási eredményeit a 14. táblázat tartalmazza. Általánosságban elmondható, hogy a nyár végi vetéseknél elhúzódó volt a kelés, az első csíranövények már szeptemberben jelentkeztek pl. a *Tragopogon orientalis* és a *Silene alba* esetében. Néhány fajnál októberben kezdődött a csírázás, de a fajok többségénél következő év márciusában és áprilisában volt ez a legjelentősebb, míg az utolsó csírázások 2016 augusztusában értek véget.

A februárban vetett fajok közül a *Melilotus officinalis*, a *Tragopogon* fajok és a *Podospermum canum* csíráztak legelőször.

A márciusi vetéseknél a *Silene alba*, a *Holosteum umbellatum*, a *Tragopogon* fajok és a *Podospermum canum* csíranövényei jelentek meg leghamarabb. A legtöbb fajnál április, május, június folyamán kezdődtek a csírázások, bár egyes fajok tételei között akadt olyan, amely csak következő év tavaszán indult el, így pl. a *Salvia nemorosa*, a *Lotus corniculatus*, a *Festuca arundinacea*, az *Anthyllis vulneraria* és a *Coronilla vaginalis* egyes tételei. Hasonlóan Németh és munkatársai (Németh et al. 2014) megfigyeléseihez, a tavasszal vetett magok kelése sokkal gyorsabb ütemben és összehangoltabban történt, mint az őszi vetéseknél, a fajok többsége április és május folyamán kicsírázott, valamint gyakorlatilag el is érte a kísérlet végén tapasztalt maximális csírászámot. A leginkább elhúzódó kelést a *Dianthus serotinus* esetében tapasztaltam, ahol még az ősz folyamán, illetve a következő év áprilisában is jelentek meg új csíranövények.

Az augusztusi vetéseknél a csírázás már augusztusban megkezdődött, de elhúzódott, egyes fajok szeptemberben, mások októberben kezdték meg a csírázást, de még a következő év tavaszán is több faj kezdett csírázni.

Elsőként jelentek meg a *Salvia nemorosa*, a *Bromus inermis*, a *Festuca arundinacea* és az *Anthyllis vulneraria* csíranövényei. Az optimális vetési időpontok meghatározásával kapcsolatban az alábbiak állapíthatók meg (13. táblázat).

13. táblázat: A vetett növények kelési idejének összehasonlító adatai
 (-0%; +0-25%, ++25-50%, +++50-75%)

Faj	tárolási hőm.	kelés	
		ősszel	tavasszal
<i>Anthyllis vulneraria</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+++	+
<i>Lotus corniculatus</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	++	+
<i>Melilotus officinalis</i>	0 °C	++	+
	-20 °C	++	+
<i>Oxytropis pilosa</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+	+
<i>Coronilla vaginalis</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+	+
<i>Mentha longifolia</i>	0 °C	-	+
	-20 °C	-	+
<i>Salvia nemorosa</i>	0 °C	-	-
	-20 °C	+	+
<i>Prunella vulgaris</i>	0 °C	-	-
	-20 °C	+	-
<i>Phlomis tuberosa</i>	0 °C	-	-
	-20 °C	-	-
<i>Tragopogon orientalis</i>	0 °C	++	++
	-20 °C	+	+++
<i>Tragopogon dubius</i>	0 °C	+++	+
	-20 °C	-	+++
<i>Podospermum canum</i>	0 °C	++	++
	-20 °C	+++	++
<i>Aster tripolium</i>	0 °C	-	-
	-20 °C	-	-
<i>Cirsium brachycephalum</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+	+
<i>Gypsophila paniculata</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+	++
<i>Holosteum umbellatum</i>	0 °C	++	+
	-20 °C	++	++
<i>Silene alba</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	++	+
<i>Gypsophila arenaria</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	++	+
<i>Dianthus serotinus</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+	+
<i>Bromus inermis</i>	0 °C	++	+++
	-20 °C	++	+++
<i>Festuca arundinacea</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	+	++
<i>Melica transsilvanica</i>	0 °C	-	-
	-20 °C	-	+
<i>Stipa borysthena</i>	0 °C	+	+
	-20 °C	++	+

14. táblázat: A vizsgált fajok csírázási százaléka laboratóriumban, üvegházban és szabadföldön

Tétel azonosító	Tárolási hőm.	Faj	Labor csírázási %			Üvegházi kelési % 2015	Vetési időpont				
			Tárolás előtt	2015	2016		2017	2015.08.	2016.02	2016.03.	2016.08.
								Kelési %			
<i>Fabaceae</i>											
HUSEED000080	0°C	<i>Anthyllis vulneraria</i>	81	94	88	13	6			28	16
HUSEED000080	-20°C			93	91	27	19			8	40
HUSEED000167	0°C		87	14	85	1	3			20	28
HUSEED000167	-20°C			58	91	22	14			24	48
HUSEED000685	0°C	<i>Lotus corniculatus</i>	83	92	86	30	48			0	24
HUSEED000685	-20°C			98	69	67	74			12	56
HUSEED000402	0°C		72	80	43	61	14			4	15
HUSEED000402	-20°C			9	7	8	0			32	24
HUSEED000072	0°C	<i>Melilotus officinalis</i>	82	84	43	10	0	68	38	8	
HUSEED000072	-20°C			68	96	11	7	52	40	8	
HUSEED000086	0°C		75	92	64	0	0	28	24	4	
HUSEED000086	-20°C			98	98	31	13	40	32	12	
HUSEED000848	0°C	<i>Oxytropis pilosa</i>	79	100	96	0	0			16	12
HUSEED000848	-20°C			97	72	0	3			0	0
HUSEED001343	0°C		na	na	96	0	na			0	0
HUSEED001343	-20°C			na	98	0	na			4	32
HUSEED001051	0°C	<i>Coronilla vaginalis</i>	42	na	5	0	0			4	8
HUSEED001051	-20°C			8	9	3	2			8	8
<i>Lamiaceae</i>											
HUSEED000161	0°C	<i>Mentha longifolia</i>	3	0	0	0	0			0	0
HUSEED000161	-20°C			7	63	61	9			4	0
HUSEED000421	0°C		84	17	64	64	39			4	4

HUSEED000421	-20°C			11	78	76	59			0	0
HUSEED000057	0°C	<i>Salvia nemorosa</i>	33	3	1	0	1			0	0
HUSEED000057	-20°C			20	11	20	21			80	20
HUSEED000011	0°C			12	0	0	0	1			0
HUSEED000011	-20°C	0	1		2	4			8	0	
HUSEED000100	0°C	<i>Prunella vulgaris</i>	79	36	6	0	3			0	17
HUSEED000100	-20°C			76	82	75	84			0	28
HUSEED000109	0°C		51	10	0	0	0			0	0
HUSEED000109	-20°C			88	76	74	83			0	0
HUSEED000917	0°C	<i>Phlomis tuberosa</i>	0	1	2	0	10			0	0
HUSEED000917	-20°C			1	0	0	1			0	0
<i>Asteraceae</i>											
HUSEED000627	0°C	<i>Tragopogon dubius</i>	88	67	0	3	22	84	12	4	
HUSEED000627	-20°C			77	96	44	51	0	68	76	
HUSEED000053	0°C	<i>Tragopogon orientalis</i>	84	9	74	5	42	33	33	24	
HUSEED000053	-20°C			92	90	64	47	16	56	56	
HUSEED000345	0°C	<i>Podospermum canum</i>	47	66	73	31	2			8	4
HUSEED000345	-20°C			67	72	56	23			20	39
HUSEED000558	0°C		88	94	62	92	13	80	28	24	
HUSEED000558	-20°C			84	92	64	38	64	40	32	
HUSEED000154	0°C	<i>Aster tripolium</i>	54	5	0	0	0			0	0
HUSEED000154	-20°C			45	50	47	39			0	0
HUSEED000472	0°C		55	50	1	0	24			0	0
HUSEED000472	-20°C			22	36	81	43			0	0
HUSEED001052	0°C	<i>Cirsium brachycephalum</i>	16	41	11	0	18	16	0	0	
HUSEED001052	-20°C			39	48	59	23	4	4	0	
HUSEED001456	0°C		7	na	13	5	na	0	4	0	
HUSEED001456	-20°C			na	15	48	na				

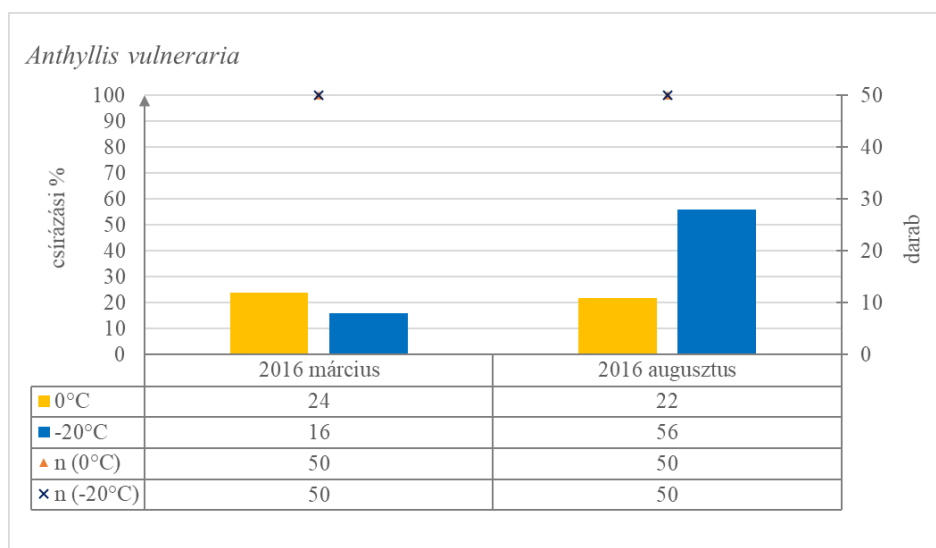
<i>Caryophyllaceae</i>											
HUSEED000102	0°C	<i>Gypsophila paniculata</i>	87	51	75	12	4			28	0
HUSEED000102	-20°C			78	84	80	26			52	4
HUSEED000096	0°C		75	83	25	5	10			4	0
HUSEED000096	-20°C			83	88	73	26			40	0
HUSEED000590	0°C	<i>Holosteum umbellatum</i>	56	32	0	0	1	8	0	0	
HUSEED000590	-20°C			2	98	97	61	36	44	20	
HUSEED000596	0°C		59	40	0	0	2	40	32	28	
HUSEED000596	-20°C			46	96	83	41	20	28	8	
HUSEED000095	0°C	<i>Silene alba</i>	89	67	85	62	42	28	8	12	
HUSEED000095	-20°C			75	85	84	0	21	21	20	
HUSEED000337	0°C		33	58	74	66	55	28	16	12	
HUSEED000337	-20°C			66	82	84	64	28	20	32	
HUSEED001101	0°C	<i>Gypsophila arenaria</i>	96	69	62	19	35			4	4
HUSEED001101	-20°C			93	70	80	0			8	32
HUSEED001374	0°C		88	na	83	85	na			8	28
HUSEED001374	-20°C			na	81	79	na			8	20
HUSEED000425	0°C	<i>Dianthus serotinus</i>	64	46	25	21	44			8	4
HUSEED000425	-20°C			36	82	79	0			20	4
HUSEED001607	friss		89	na	na	89	na			28	8
					78	na					
<i>Poaceae</i>											
HUSEED000052	0°C	<i>Melica transsilvanica</i>	98	40	99	0	0			0	0
HUSEED000052	-20°C			96	98	99	66			4	0
HUSEED000067	0°C		91	53	99	0	0			0	0
HUSEED000067	-20°C			89	94	99	87			16	0
HUSEED000069	0°C	<i>Bromus inermis</i>	100	99	100	95	37			40	40
HUSEED000069	-20°C			100	96	95	65			52	16

HUSEED000068	-20°C		100	79	97	97	62			68	36
HUSEED000068	0°C			91	100	96	44			56	48
HUSEED000383	0°C	<i>Festuca arundinacea</i>	56	93	51	62	70			20	8
HUSEED000383	-20°C			57	62	47	32			4	20
HUSEED000356	0°C		53	51	39	38	67			12	8
HUSEED000356	-20°C			70	66	54	34			16	40
HUSEED000625	0°C	<i>Stipa borysthenica</i>	na	6	7	na	0	16	4	4	
HUSEED000625	-20°C			19	49	18	1	28	8	16	

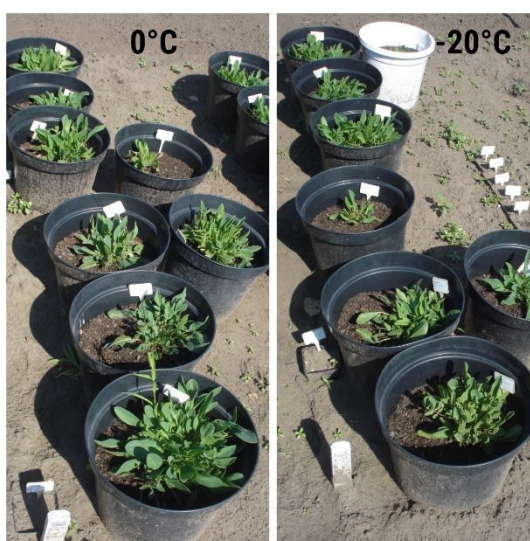
4.4.1. Fabaceae család

Anthyllis vulneraria

Mindkét vetési időpontban kikeltek az elvetett magtétélek, a legjobb eredményt a 2016. augusztusi vetéseknél, a -20 °C-on tárolt mintáknál kaptam, ahol az átlagos csírázási százalék elérte az 56 %-ot (41. ábra). A szabadföldi kelésekről készült fotók az 42. ábrán láthatóak.



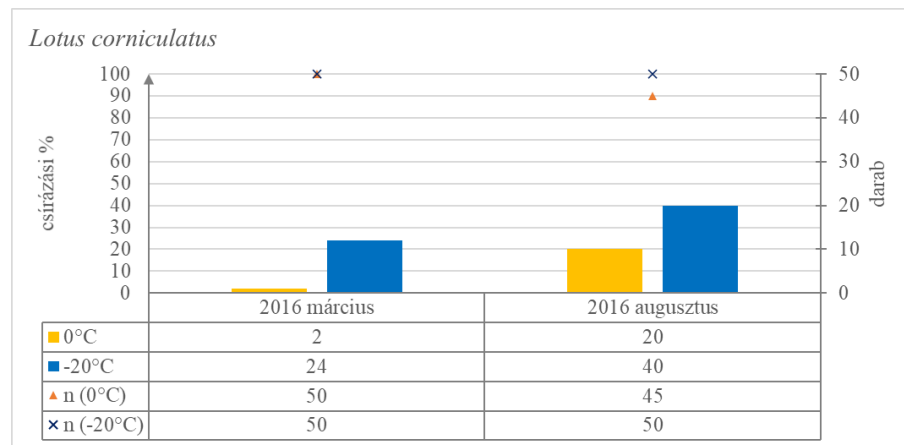
41. ábra: Csírázott magok aránya az *Anthyllis vulneraria* esetében



42. ábra: *Anthyllis vulneraria* 0 és -20 °C-on tárolt tétélei (HUSEED000167) átültetés után 2017 júliusában

Lotus corniculatus

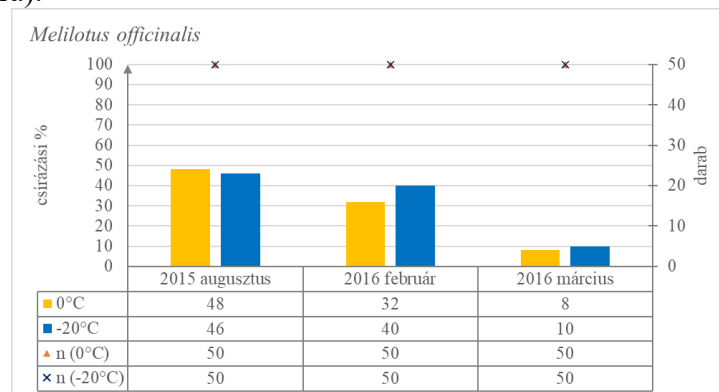
Mindkét vetési időpont eredményesnek bizonyult, a -20 °C-on tárolt minták mindkét vetési időpontban jobban csíráztak a 0 °C-on tárolt mintáknál (43. ábra).



43. ábra: Csírázott magok aránya a *Lotus corniculatus* esetében

Melilotus officinalis

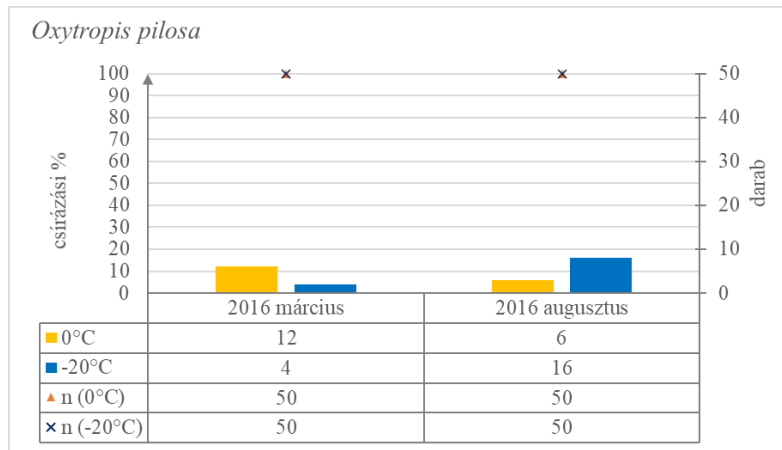
A legjobb eredményt (28-68%) a 2015. augusztusi vetés során kaptam. A februári vetésnél is csírázott valamennyi tétel, bár már mérsékeltbb eredménnyel (24-40%), azonban a márciusi vetések bizonyultak a legkevésbé sikeresnek, itt az eredmények már alig haladták meg a 10%-ot. Viszont egyik időpont esetében sem mutatkozott érdemi különbség a különböző tárolási hőmérsékletekről származó tételek között (44. ábra).



44. ábra: Csírázott magok aránya a *Melilotus officinalis* esetében

Oxytropis pilosa

Míg laborban a faj mindkét tárolási hőmérsékletekről kivett tételei kiemelkedően jól (közel 100%-osan) csíráztak, addig szabadföldön minden alkalommal gyenge csírázási eredményeket kaptam. A legjobb eredményt az augusztusi vetéseknél, a -20 °C-on tárolt mintáknál kaptam, de itt is 20% alatt maradtak az eredmények (45. ábra). A szabadföldi kelésekről készült fotók a 46. ábrán láthatóak.



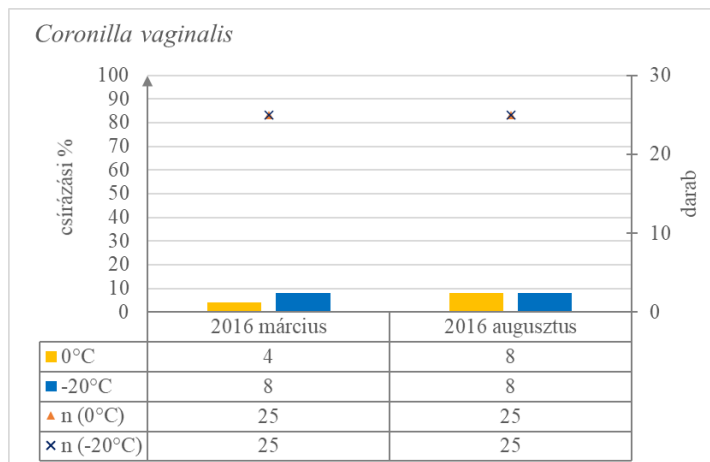
45. ábra: Csírázott magok aránya a *Oxytropis pilosa* esetében



46. ábra: Az *Oxytropis pilosa* 0 °C-on tárolt tételei (HUSEED000848) különböző fejlődési fázisokban 2017-ben

Coronilla vaginalis

Nem szignifikáns a csírázási képességben a különbség a különböző időpontokban vetett minták között, azonban minden esetben nagyon gyenge (10% alatti) csírázási eredményeket tapasztaltam, amelyek megegyeztek a laborban kapott eredményekkel (47. ábra).

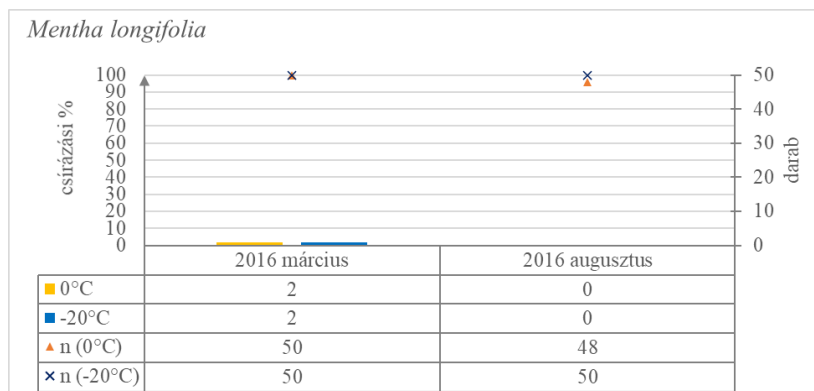


47. ábra: Csírázott magok aránya a *Coronilla vaginalis* esetében

4.4.2. *Lamiaceae* család

Mentha longifolia

Nem szignifikáns a csírázási képességben a különbség a különböző időpontokban vetett minták között. A minták nagyon gyenge csírázási eredményt mutattak mindkét esetben, csírázást egyedül a márciusi időpontban tapasztaltam (2%), augusztusban nem (48. ábra).

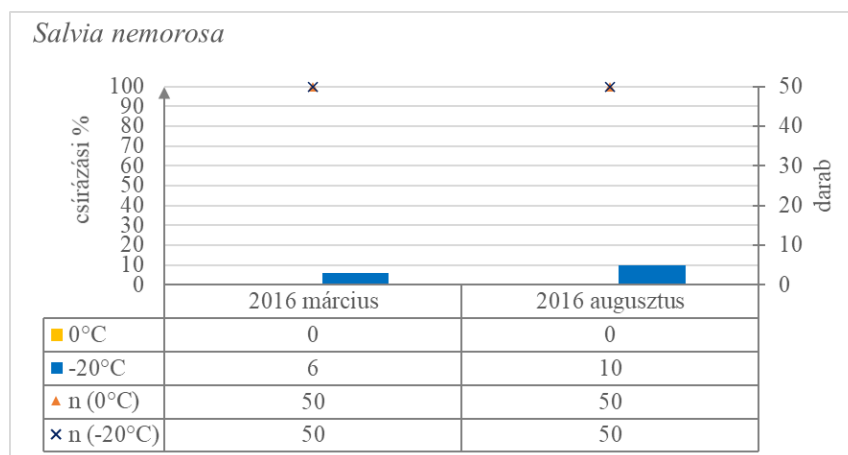


48. ábra: Csírázott magok aránya a *Mentha longifolia* esetében

Salvia nemorosa

Mindkét vetési időpontban egyedül a -20 °C-on tárolt minták csíráztak, az augusztusi vetés jobb eredményeket hozott (bár a 10%-ot nem haladták meg), mint a márciusi, az értékek közelítettek a laboreredményekhez (49. ábra).

A szabadföldi kelésekről készült fotók a 50. ábrán láthatóak.



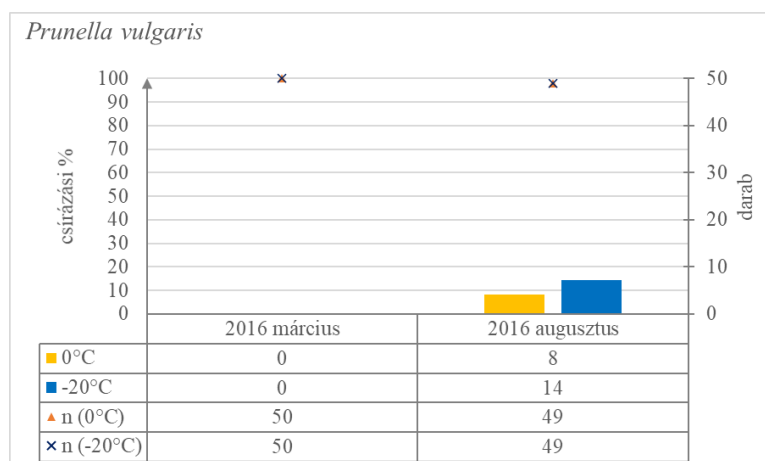
49. ábra: Csírázott magok aránya a *Salvia nemorosa* esetében



50. ábra: Virágzó és magot hozó *Salvia nemorosa* a szabadföldi kísérletben 2016 augusztusában

Prunella vulgaris

Egyedül az augusztusi vetésnél volt csírázás a 0 és a -20 °C-on tárolt minták esetében, míg laborban ugyanezen évben a 0 °C-on tárolt tételek már nem csíráztak (51. ábra).



51. ábra: Csírázott magok aránya a *Prunella vulgaris* esetében

Phlomis tuberosa

Egyik vetési időpontban sem csíráztak a minták, szemben Németh és munkatársai (2014) eredményeivel, akik megpróbálkoztak a faj szaporításával és kitelepítésével. Arról számolnak be, hogy a *Phlomis tuberosa* esetében a vetett magokból nevelt egyedek száma igen magasnak tekinthető (48%).

4.4.3. *Asteraceae* család

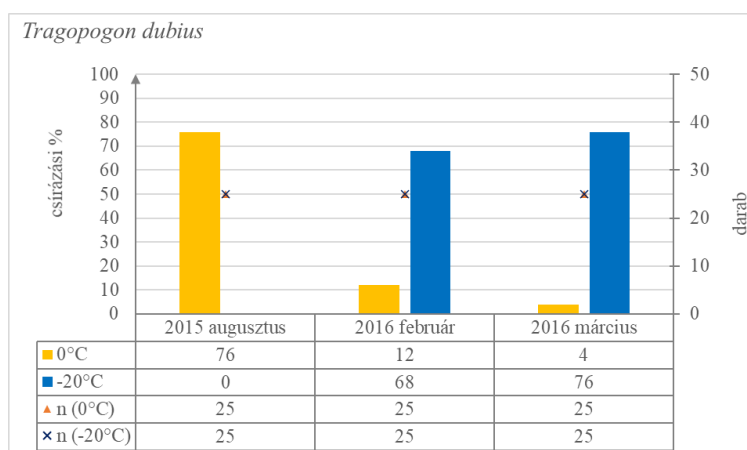
Tragopogon orientalis

A laboratóriumban azt tapasztaltam, hogy míg a -20 °C-on tárolt tételek viszonylag egyenletesen csíráztak az egyes években, addig a 0 °C-on tárolt tételek csírázása meglehetősen ingadozott (5, illetve 74%) az egyes években. A szabadföldön nem voltak ilyen ingadozó eredmények, mindhárom vetési időpont eredményesnek bizonyult, különösen a februári és márciusi.

Tragopogon dubius

Míg laborban a 0 °C-on tárolt tételek 2015-ben csak kismértékű csökkenést mutattak a kezdeti értékhez képest, addig 2016-ban és 2017-ben már szinte egyáltalán nem tapasztaltam csírázást, hasonlóan a szabadföldi eredményekhez. A -20 °C-on tárolt tételek viszont még 2016-ban is 70% feletti csírázást mutattak. A februári vetéseknél a -20 °C-on tárolt tételek közül az egyik nem kelt ki, ugyanakkor üvegházban és a későbbi időpontokban jól csírázott ugyanez a tétel (52. ábra).

Fontos különbség, hogy míg laborban 2015-ben a 0 °C-on tárolt tételek 10% alatt csíráztak, a -20 °C-on tárolt tételek 90% feletti eredményt mutattak. Ezzel szemben ugyanebben az évben a szabadföldi vetéseknél éppen fordítottját tapasztaltam a jelenségnek: a magasabb hőmérsékleten tárolt tételek csírázása meghaladta a 80%-ot, míg az alacsonyabb hőmérsékleten őrzött tételek egyáltalán nem csíráztak!

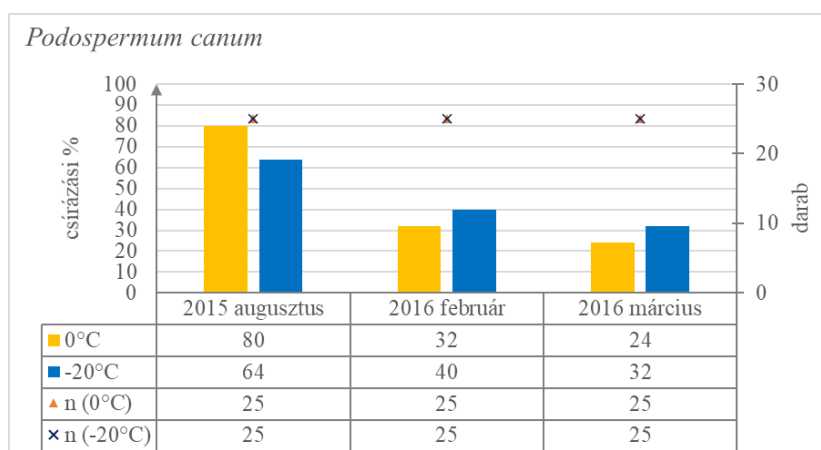


52. ábra: Csírázott magok aránya a *Tragopogon dubius* esetében

Podospermum canum

Mind a laborban, mind a szabadföldön jó eredményt mutattak a tételek 2015-ben (mindkét tárolási hőmérséklet esetén). Azonban a 2016 februári és márciusi vetések során már lényeges visszaesés történt a csírázási eredményekben a 2015-ös értékekhez képest. 2015-ben viszont a szabadföldi kelések eredménye meghaladta az üvegházi kelések eredményét.

A márciusi és az augusztusi vetések során is csíráztak a tételek, viszont a -20 °C-on tárolt minták eredményei meghaladták mindkét esetben a 0 °C-on tárolt minták csírázási százalékát, azonban a különbségek nem voltak szignifikánsak (53. ábra).



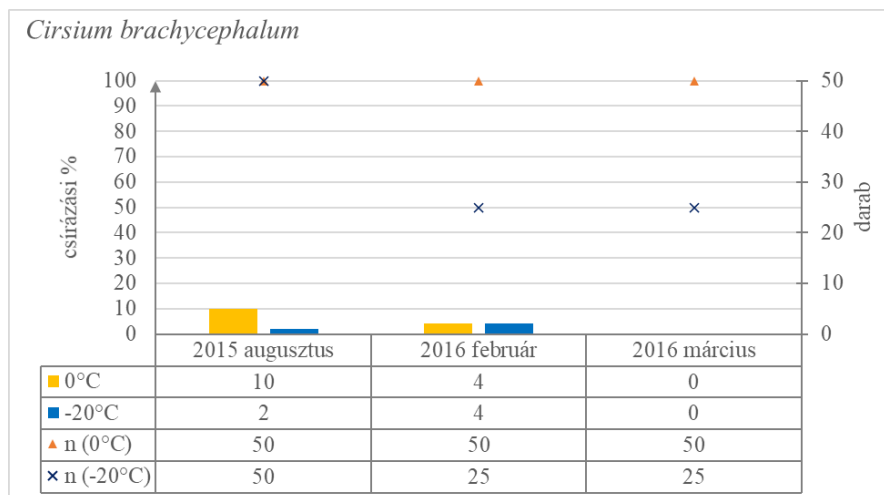
53. ábra: Csírázott magok aránya a *Podospermum canum* esetében

Aster tripolium

Míg üvegházban viszonylag jó eredménnyel csíráztak a tételek, szabadföldi körülmények között egyik vetési időpontban sem volt kelés.

Cirsium brachycephalum

A három különböző időpontban vetett minták között nem volt csírázási képességben szignifikáns a különbség, legjobb eredményt az első évben mutattak a 0 °C-on tárolt minták, a 2016 februárjában már csak 4%, míg márciusban 0% volt a kelési eredmény (54. ábra).

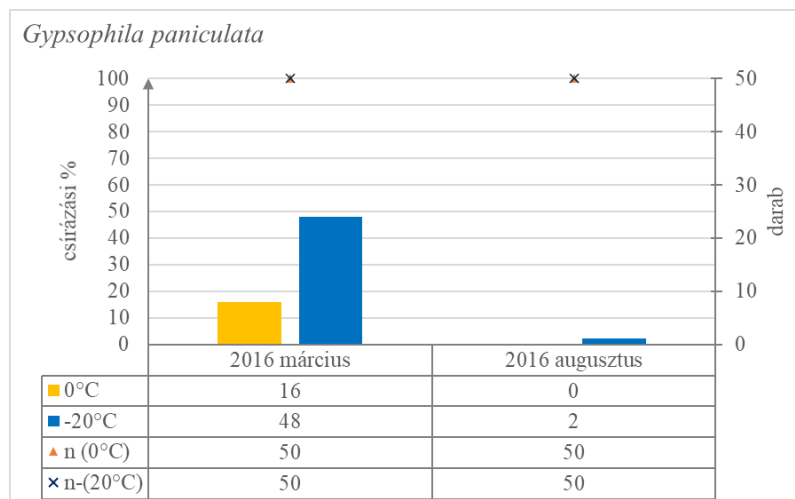


54. ábra: Csírázott magok aránya a *Cirsium brachycephalum* esetében

4.4.4. *Caryophyllaceae* család

Gypsophila paniculata

A legjobb csírázási eredményt a -20 °C-on tárolt, 2016 márciusában vetett minták esetében kaptam, ahol a minták átlagos csírázási százaléka meghaladta a 40%-ot, míg a 0 °C-on tárolt minták átlaga 20% alatt maradt. Az augusztusi vetések szinte alig csíráztak. Az egyik kiválasztott tétel 0 °C-on tárolt mintája az első évet követően jelentősen vesztett csírázási képességéből, amely mind a laboratóriumi, mind a szabadföldi eredményeknél megmutatkozott (55. ábra).



55. ábra: Csírázott magok aránya a *Gypsophila paniculata* esetében

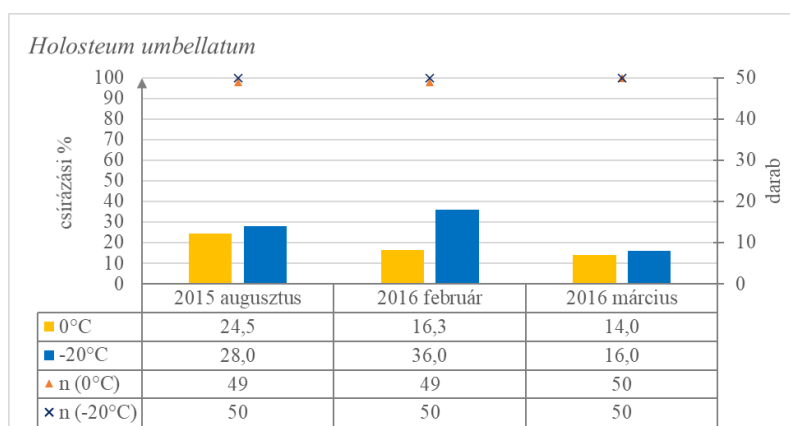


56. ábra: Virágzó *Gypsophila paniculata* [0 °C-on tárolt tétel (HUSEED000480)] 2017 júniusában

Holosteum umbellatum

A három különböző időpontban vetett magminták között nem volt szignifikáns a csírázási képességben a különbség. A -20 °C-on tárolt minták csírázási eredménye mindhárom vetési időpontban meghaladta a 0 °C-on tárolt minták eredményét (57. ábra).

Érdekes, hogy a laboratóriumi csíráztatások során a faj tételei az első évben még csíráztak, viszont a későbbi években a 0 °C-on tárolt tételek már egyáltalán nem csíráztak, szemben a -20 °C-ról kivett tételekkel, amelyek 80% feletti eredményt mutattak. A szabadföldön viszont a faj két választott tétele közül csak az egyik nem kelt ki 2016-ban, amelyet a 0 °C-on tároltunk. A vetési időpontok közül az augusztusi és a februári időpontok is egyaránt kedvezőnek mutatkoztak.

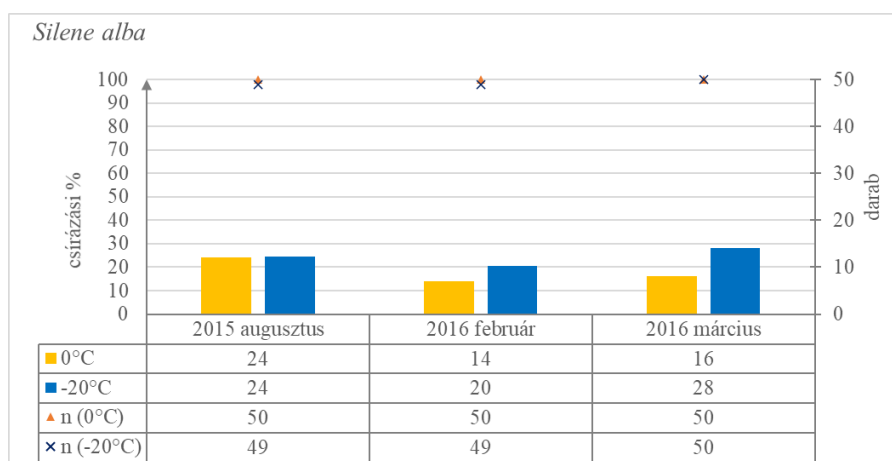


57. ábra: Csírázott magok aránya a *Holosteum umbellatum* esetében

Silene alba

Összességében elmondható, hogy mindhárom vetési időpont eredményesnek bizonyult, az augusztusi vetés során szinte ugyanannyi csíranövény jelent meg a különböző hőmérsékleten tárolt tételeknél, a februári vetéskor már némileg kevesebb növényegyet regisztráltam, míg márciusban ugyancsak az alacsonyabb

hőmérsékleten tárolt tételek csíráztak jobban (58. ábra). Egyik esetben sem volt szignifikáns a különbség.

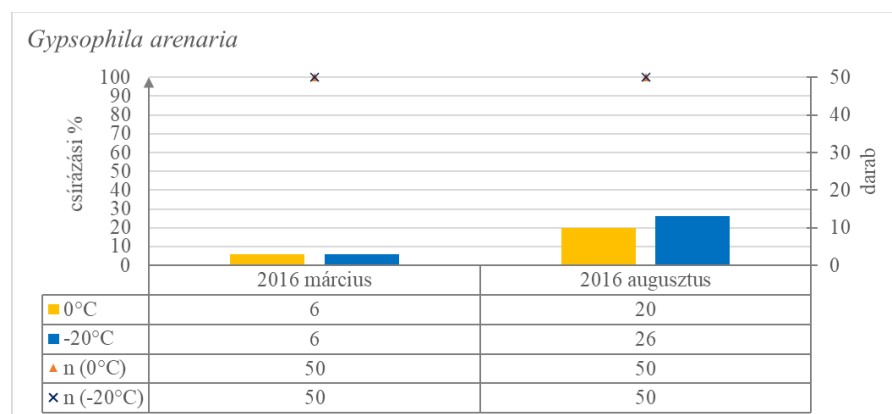


58. ábra: Csírázott magok aránya a *Silene alba* esetében

Gypsophila arenaria

Nem szignifikáns a csírázási képességben a különbség a márciusi és az augusztusi vetéseknél, azonban a 2016. augusztusi vetések csírázási aránya meghaladta a márciusi vetések eredményét, mindkét tárolási hőmérséklet esetében (59. ábra).

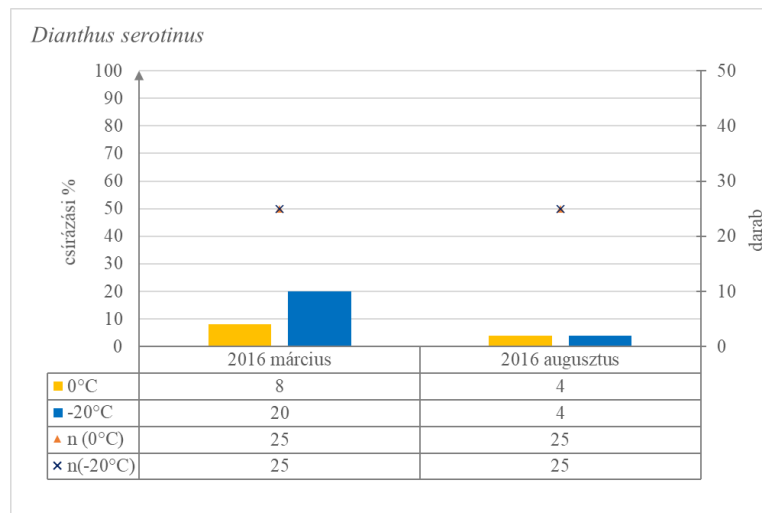
Valamennyi védett faj közül a *Gypsophila arenaria* csírázása volt a legeredményesebb szabadföldön, az augusztusi vetések során a 0 és a -20 °C-on tárolt minták csírázása 20, illetve 26% volt, amely egyezik Kereszty és Galántai azon megállapításával, hogy védett fajok esetében csak ritkán sikerül 20%-osnál jobb eredményt elérni a magkeelésben (Kereszty és Galántai 1994).



59. ábra: Csírázott magok aránya a *Gypsophila arenaria* esetében

Dianthus serotinus

Nem szignifikáns a csírázási képességben a különbség a különböző időpontokban vetett minták között. A különböző vetési időpontok közül a legjobb eredményt a 2016 márciusában vetett, -20 °C-on tárolt minták esetében kaptam (20%) (60. ábra). Mindezek azért is érdekes eredmények, mivel Grúsz 1992-ben arról számolt be, hogy magvetéssel csak homokban sikerült szaporítaniuk a fajt, egészen száraz körülmények között tartva. A szabadföldi kelésekről készült fotók az 61. ábrán láthatóak.



60. ábra: Csírázott magok aránya a *Dianthus serotinus* esetében

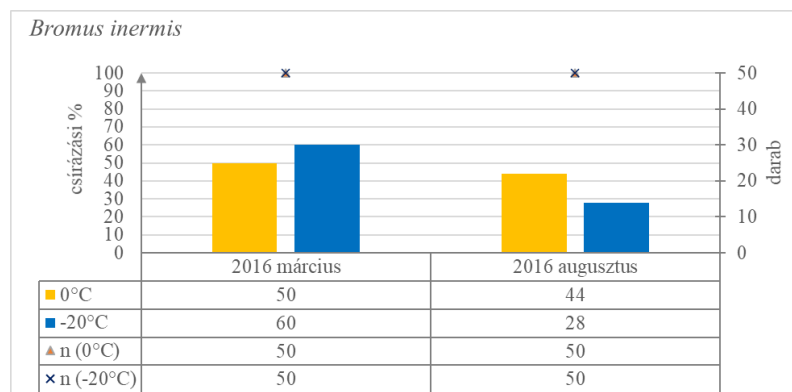


61. ábra: Virágzó *Dianthus serotinus* [-20 °C-on tárolt tétel (HUSEED000425)] 2017 júniusában

4.4.5. Poaceae család

Bromus inermis

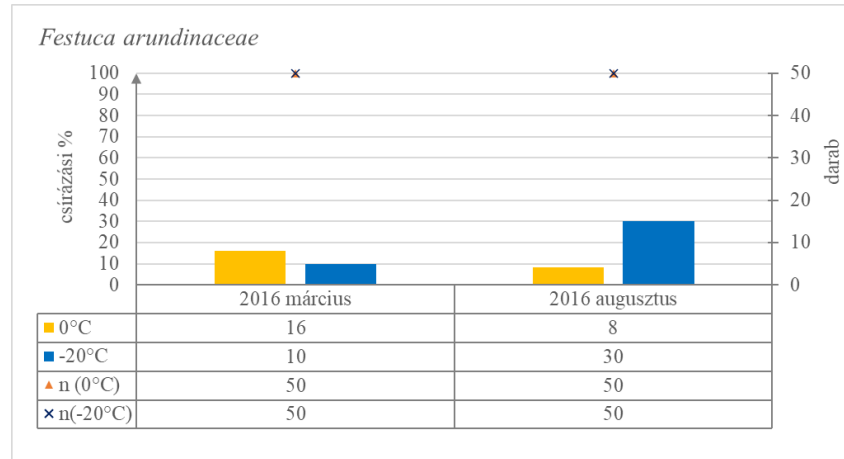
A két különböző időpontban vetett minták között nem volt szignifikáns különbség a csírázási képességben, mindkét vetési időpontban eredményesen csíráztak a faj tételei (62. ábra). Nem véletlen, hogy a faj nagyon eredményesen használható gyeprekonstrukciós célokra, hiszen előnyös tulajdonsága a jó csírázás, az intenzív tarackképzés, ami elősegíti a gyors gyepzáródást (Deák et al. 2008).



62. ábra: Csírázott magok aránya a *Bromus inermis* esetében

Festuca arundinacea

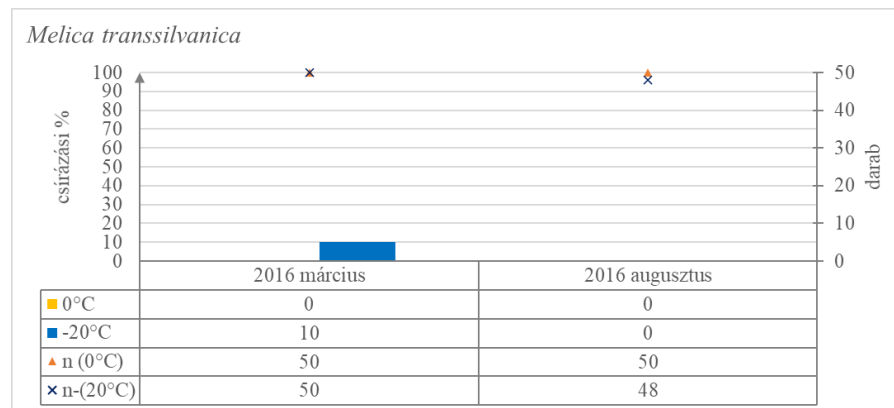
A szabadföldi kísérlet során mindkét vetési időpont eredményesnek bizonyult, azonban a 2016. augusztusi vetéseknél a -20 °C-on tárolt minták csírázási aránya (30%) szignifikánsan meghaladta a többi vetési időpontban kapott eredményt (63. ábra).



63. ábra: Csírázott magok aránya a *Festuca arundinacea* esetében

Melica transsilvanica

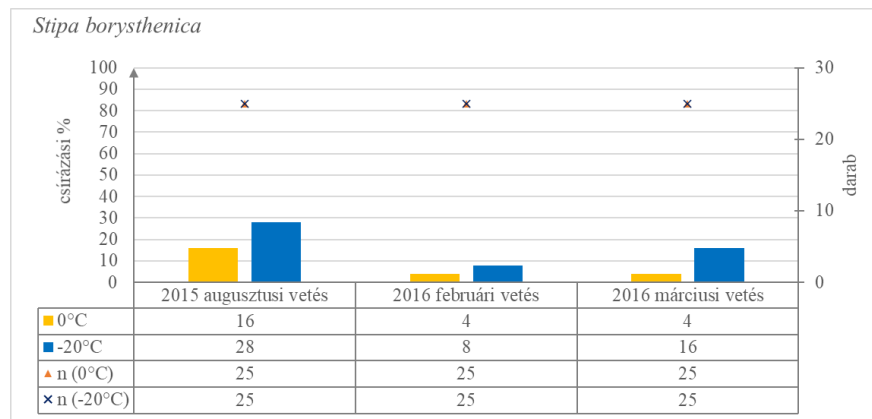
Míg laborban a faj tételei utolsó évben is szinte 100%-osan csíráztak, addig szabadföldön csak 2016 márciusában tapasztaltam csírázást a -20 °C-on tárolt minták esetében, a másik vetési időpontban egyik hőmérsékleten tárolt minta sem mutatott aktivitást (64. ábra).



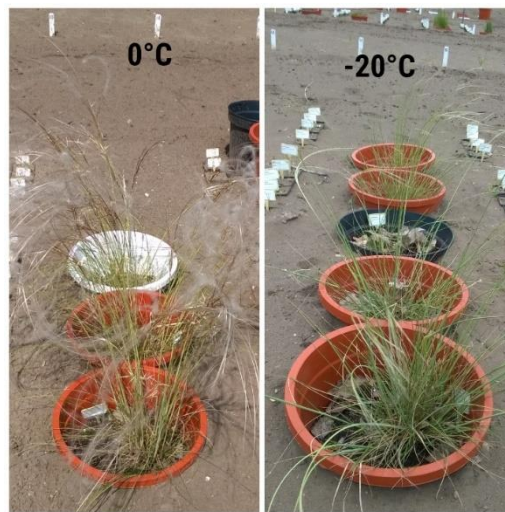
64. ábra: Csírázott magok aránya a *Melica transsilvanica* esetében

Stipa borysthena

Nem szignifikáns a csírázási képességben a különbség a különböző időpontokban vetett minták között. Mindhárom vetési időpontban csíráztak a magok, a legjobb eredményt a 2015. augusztusi vetéseknél a -20 °C-on tárolt minták esetében kaptam (65. ábra). A szabadföldi kelésekről készült fotók a 66. ábrán láthatóak.



65. ábra: Csírázott magok aránya a *Stipa borysthenea* esetében



66. ábra: A *Stipa borysthenea* 0 és -20 °C-on tárolt tételei (HUSEED000625) átültetés után 2017 májusában

4.5. Magtömeg vizsgálatok

A laboratóriumban általam mért ezermagtömeg átlagokat összehasonlítottam a RBGK SID adatbázisában (RBGK 2016) található értékekkel, valamint a Csontos-féle magtömeg kategória besorolásokkal (Csontos 2001), amelynek eredményeit a 15. táblázat mutatja.

15. táblázat: A választott fajok ezermagtömeg adatainak és magtömeg kategóriájának összehasonlítása

EMT: saját mérésen alapuló ezermagtömeg értékek; RBGK EMT: RBGK SID adatbázisában található ezermagtömeg értékek; SZE: szaporítóegység típusa; MK (CS): Csontos-féle magtömeg kategória (Csontos 2001); MK: saját mérésen alapján besorolt magtömeg kategória, SBT: Borhidi-féle SBT kategóriák (ST: stressz-toleránsok, R: ruderális fajok)

Fajnév	EMT (g)		RBGK EMT (g)	SZE	MK (CS)	MK		SBT
	ismétlés					1.	2.	
	1.	2.						
Fabaceae								
<i>Anthyllis vulneraria</i>	2,67	2,81	3,15	mag	5	5	5	ST
<i>Lotus corniculatus</i>	0,97	1,06	1,00	mag	4	3	4	R
<i>Melilotus officinalis</i>	1,41	1,45	2,50	mag	3	4	4	R
<i>Oxytropis pilosa</i>	0,83	1,23	na	mag	4	1	4	ST
<i>Coronilla vaginalis</i>	2,95	na	4,97	mag	5	5	na	ST
Lamiaceae								
<i>Mentha longifolia</i>	0,07	0,10	0,10	makkocska	1	1	1	R
<i>Salvia nemorosa</i>	0,45	0,73	0,90	makkocska	3	2	3	R
<i>Prunella vulgaris</i>	0,47	0,78	1,00	makkocska	3	2	3	ST
<i>Phlomis tuberosa</i>	1,54	na	1,52	makkocska	4	4	na	ST
Asteraceae								
<i>Tragopogon dubius</i>	7,73	na	9,00	kaszat (pappussal)	6	6	na	R
<i>Tragopogon orientalis</i>	4,18	na	na	kaszat (pappussal)	6	6	na	R
<i>Podospermum canum</i>	2,91	4,05	2,74	kaszat (pappussal)	5	5	6	ST
<i>Aster tripolium</i>	0,41	0,44	0,41	kaszat (pappussal)	2	2	2	ST
<i>Cirsium brachycephalum</i>	0,69	0,70	0,85	kaszat (pappussal)	3	3	3	ST
Caryophyllaceae								
<i>Gypsophila paniculata</i>	0,63	0,69	0,79	mag	3	3	3	ST
<i>Holosteum umbellatum</i>	0,03	0,11	0,17	mag	1	1	1	R
<i>Silene alba</i>	0,53	0,54	1,00	mag	3	3	3	R
<i>Gypsophila arenaria</i>	0,35	0,36	na	mag	2	2	2	ST
<i>Dianthus serotinus</i>	0,47	0,57	0,69	mag	4	2	3	ST
Poaceae								
<i>Bromus inermis</i>	3,59	4,01	2,90	toklászos szem	5	5	6	K
<i>Festuca arundinacea</i>	1,87	2,12	2,40	toklászos szem	4	4	5	K
<i>Melica transsilvanica</i>	0,36	0,40	0,46	toklászos szem	4	2	2	ST
<i>Stipa borysthena</i>	11,88	na	na	toklászos szem (szálka nélkül)	7	7	na	ST

Ennek alapján elmondható, hogy a saját méréseim alapján a *Dianthus serotinus*, a *Melica transsilvanica* mindkét, az *Oxytropis pilosa* egyik tétele alacsonyabb magtömeg kategóriába sorolható, mint Csontosnál. Míg az első két fajnál eggyel, illetve kettővel kisebb kategóriába estek az általam mért fajok, az *Oxytropis pilosa* Csontosnál a 4-es kategóriába (1,01-2 g) tartozik, míg az általam választott egyik tétel jóval kisebb tömegűnek mutatkozott, mert az 1-es kategóriába (0-0,2 g) tudtam sorolni. A *Melilotus officinalis* esetében viszont mindkét tétel eggyel magasabb magtömeg kategóriába volt sorolható, mint Csontosnál.

A mért átlagos magtömegek alapján a következő fajok rendelkeztek a legkisebb magtömegekkel (<0,5 g): *Holosteum umbellatum*, *Mentha longifolia*, *Gypsophila arenaria*, *Melica transsilvanica* és az *Aster tripolium*.

Míg a legnagyobb az átlagos ezermagtömege (3,4-11 g) a *Podospermum canum*, a *Bromus inermis*, a *Tragopogon orientalis*, a *Tragopogon dubius* és a *Stipa borysthena* fajoknak volt.

Elemeztem a vizsgált fajok átlagos ezermagtömegeinek és csírázási eredményeinek megoszlását az egyes életforma csoportok között (16. táblázat). A stressz-toleránsok magtömege gyenge negatív korrelációt ($r=-0,168$) mutatott a kiindulási csírázási eredményekkel. A ruderalisok magtömege és a kezdeti csírázási eredmények között gyenge pozitív korrelációt ($r=0,428$) találtam. A tárolás előtt legmagasabb csírázási átlaggal a kompetitorok rendelkeztek, őket követték a stressz-toleránsok és a ruderalisok. Utóbbi két csoport között a kétmintás t-próba eredménye alapján azonban nem volt szignifikáns a különbség egyik évben sem (a kompetitorokat az alacsony mintaelemszám miatt statisztikailag nem volt lehetséges vizsgálni).

16. táblázat: Az SBT főcsoportok ezermagtömeg (g) és csírázási (%) átlagai

SBT	Ezermagtömeg		Csírázás						
	N _{taxon}	Átlag (g)	tárolás előtt	Átlag (%)					
				2015		2016		2017	
				0°C	-20°C	0°C	-20°C	0°C	-20°C
Kompetitor	2	2,89	77	84	77	73	80	73	73
Stressz-toleráns	13	2,10	65	47	62	46	67	17	54
Ruderalis	8	1,95	61	46	48	38	69	22	52

Az SBT főcsoportok szerint legnagyobb átlagos magtömeggel a kompetitorok (2,89 g), a stressz-toleránsok (2 g) rendelkeztek, ezt követte a ruderalisok csoportja (1,95 g).

A csírázási százalék és a magtömeg összefüggése

A tárolás előtt mért csírázási és ezermagtömeg (EMT) értékeket összevetése során (17. táblázat) megállapítottam, hogy a két érték között gyenge negatív korreláció áll fenn, valamennyi vizsgálati körülmény esetén.

17. táblázat: Az ezermagtömeg értékek (EMT) és csírázási százalékok összefüggésének vizsgálata során kapott korrelációs együttható (r) értékek

	csírázási %						
	tárolás előtt	2015 0 °C	2015 -20 °C	2016 0 °C	2016 -20 °C	2017 0 °C	2017 -20 °C
EMT átlag	-0,148	-0,095	-0,021	-0,159	-0,000	0,055	-0,283

4.6. Eredmények megbeszélése

4.6.1. A laboratóriumi eredmények értékelése

A csírázások értékelésénél mindenképpen szükséges kiemelni, hogy a vadon élő fajok többségére jellemző a dormancia valamilyen formája (e.g. ENSCONET, 2009b; Baskin and Baskin, 2014). Ennek ismeretében a legtöbb faj csírázása sikeresnek tekinthető még annak ellenére is, hogy magvaik jelentős hányada nem mutatott csírázási hajlandóságot. A sikeres csírázási eredmények azt is jelentik, hogy az alkalmazott csíráztatási módszereket megfelelően adaptáltam a hazai flóra fajaira. A ki nem csírázott magvakat legnagyobb valószínűséggel mély dormancia jellemezte, kisebb valószínűséggel a környezeti tényezők által kiváltott dormancia. A csírázási százalékok gyakran széles skálán mozogtak az egyazon taxon különböző mintái között. Ennek egyik oka lehet, hogy az egyes fajok különböző populációi, sőt a populációk különböző egyedei között is változatosság lehet a dormans és a csírázásra kész magvak arányában (Milberg et al. 1996; Baloch et al. 2001; ENSCONET 2009b; Baskin and Baskin 2014). Ismeretes továbbá a dormancia szezonális periodicitása, azaz a dormans-nem dormans állapot évszakos váltakozása (Baskin et al. 2003; Baskin and Baskin 2014, Garcia et al. 2014), amely ugyancsak oka lehet a fenti jelenségnek.

Az egyes tételek eltérő eredményeinek további magyarázata lehet a tételek különböző tárolási ideje, a tárolása során bekövetkező változása, de származhat a nem megfelelő tárolási technika (kezelés) hatásából is vagy a gyűjtött magok nem megfelelő minőségéből. A magvak begyűjtése során tapasztalható volt, hogy a fajok jelentős része könnyen kipergeti a magját, vagyis rövid idő áll rendelkezésre azok begyűjtésére, és olykor a termésben maradó, még begyűjthető magok már gyengébb életképességűek, vagy károsítottak lehetnek [pl. az *Asteraceae* család esetében ez gyakori jelenség (Baskin 1998)]. Ennek (is) köszönhetően a begyűjtött minták általában kevés magot tartalmaznak és azok érettsége is heterogén. Mindezek nagyban meghatározzák a későbbi csírázások/csíráztatások eredményességét. A vizsgálatok során mindez különösen igazolódni látszott a *Lamiaceae* család esetében, ahol több fajnál (pl. *Phlomis tuberosa*, *Salvia nemorosa*) és tételnél is nagyon gyenge életképességre utaló értékeket kaptam, akár laboratóriumban, akár a szabadföldön végzett csíráztatáskor. A *Salvia nemorosa* üvegházi csíráztatása során a 0 °C-ról kivett tételek csírázása 1% alatti volt, a -20 °C-on tárolt tételek 22,5%-os eredményt mutattak. Kiss és munkatársai (2018) ugyanilyen körülmények között 20% alatti értéket kaptak, valamint az egyes években is ingadozó csírázást tapasztaltak. Kövendi-Jakó (2019) szintén rendkívül alacsony (1%) értéket kapott a faj laboratóriumi csíráztatása során. Feltételezhető, hogy a faj érett magvai – annak érdekében, hogy elkerüljék egymás ökológiai „leárnnyékolását” – nem egyszerre érik el csírázókéességüket (Ujvárosi 1973; Grubb 1988; Hunyadi et al. 2000). Továbbá az alacsony átlagos csírázás feltételezhető oka a „risk-spreading” túlélési stratégia (Grubb 1988), amely különösen jellemző a ruderalis csoport fajaira. Az ilyen stratégiájú fajok számos dormans mag révén tartanak fenn perzisztens magkészletet a talajban és abból optimális körülmények között is csak kisebb mértékben, de egyenletesen csíráznak. A ruderalis fajok körében ugyanakkor gyakori a 100 % körüli csírázást elérő taxonok száma (pl. *Tragopogon* fajok, *Silene alba*, *Holosteum umbellatum*, *Melilotus officinalis*). Ezek nagy csírázási hajlandóságának valószínűsíthető oka a ruderaliák körében ugyancsak jellemző „disturbance-broken” stratégia (Grubb 1988). Az ilyen stratégiájú fajok a talajban gyorsan eltemetődő perzisztens talaj magkészletükből bolygatás nyomán kedvező környezeti feltételek közé kerülve robbanásszerű csírázásnak indulnak, lehetővé téve ezzel a gyors kolonizációt.

A laboratóriumi, üvegházi és szabadföldi eredményekből az is látszik, hogy a laboratóriumi eredmények nem minden esetben fejezik ki a szabadföldi kelés reális mértékét, hiszen szabadföldön nem mindig optimálisak a körülmények a magvak csírázásához. Például Moyo (2015) is felhívja a figyelmet arra, hogy a standard laboratóriumi csírázási eredmények nem minden esetben jelzik a szabadföldi csírázások eredményességét, erre a vigor tesztek (pl. cold test) megfelelőbbek. Mindezeket a jelen vizsgálatok eredményei is megerősítik, hiszen a választott fajok többségénél ugyanazon tételek esetében a laboratóriumban lényegesen magasabb csírázási eredményt kaptam, mint a szabadföldi vetéseknél. Továbbá vizsgálataim alátámasztották Fenner (1992) megállapítását, miszerint a vadon élő növényfajok csírázása gyakran gyenge és ingadózó lehet, amely megnehezítheti az élőhely rekonstrukciók során a használatukat, ahol a változó helyi adottságok tovább növelik a vizsgálatok bizonytalanságát. Az alacsony csírázóképeségű fajok esetében azonban nehéz prognosztizálni a terepi teljesítményt, ezért ez további vizsgálatok tárgya lehet.

A csíráztatásos kísérletekkel foglalkozó irodalmi adatok gyakran nem hangsúlyozzák kellően a megfelelő csíráztatási protokoll alkalmazásának fontosságát, ami azonban olykor torz eredményekhez is vezethet, hiszen az egyes módszerek eredményessége között nagy különbségek lehetnek. Baskin és Baskin (1998) monográfiájukban hangsúlyozzák – többek között – a csíráztatás során alkalmazott fényviszonyok változtatásának fontosságát, ugyanis a dormancia oldódásával összhangban változhat a magvak fényigénye, de a fajok rövid-, illetve hosszúnappalos karaktere is befolyásolja azt.

A közép-európai flórában őshonos növényfajok magjainak csírázási képességéről igen kevés adat áll rendelkezésünkre, csupán három adatbázisban található adatok (HUSEED^{wild} – Peti et al. 2017, Kiss et al. 2018, RBGK 2016). A legtöbb nemzetközi növényi tulajdonság adatbázisban hiányoznak a Magyarországon honos fajok csírázóképeségére vonatkozó információk (LEDA – Kleyer et al. 2008, Hintze et al. 2013). Munkám tehát új adatokkal járul hozzá az őshonos növényfajok csírázási képességének ismeretéhez. Továbbá a laboratóriumi és a szabadföldi csíráztatások összefüggéseit mindössze néhány szerző (pl. Mátyás 1974) vizsgálta, elsősorban kultúrnövények vonatkozásában.

Továbbá a Baskin és Baskin (1998) szerzőpáros fentebb említett tanulmányában kifejti azt is, hogy az előkezelések hőmérsékletének megválasztásakor célszerű lenne figyelembe venni a fajok magszórásának idejét. Vagyis azon mérsékeltövi fajok számára, amelyeknél a magszórás ősszel történik, hideghatás (sztratifikáció, 0-10 °C) szükséges lehet a dormancia megtöréséhez, míg amelyeknél a magszórás tavasszal történik, ott inkább a meleg (15-35 °C) szükséges a magnyugalom megszüntetéséhez. Érdekes módon azonban a szakirodalomban található csíráztatási protokollokban ez utóbbi szinte egyáltalán nem alkalmazott, csak a hideg kezelés.

Van Treuren és munkatársai (2013) a magvak génbanki eltarthatóságának vizsgálata során felhívják a figyelmet a csírázási tesztek értékeléséből adódó jelentős pontatlanságra (a túl-, illetve alulbecslések közel azonos arányára) is, amely esetenként szintén befolyásolhatja, torzíthatja a kapott eredményeket. Feltételezhető, hogy ha egy minta csírázása minél közelebb van az ún. küszöbértékhez, annál nagyobb a valószínűsége a tényleges csírázás alulbecslésének. Minél inkább csökkennek a csírázási értékek, annál nagyobb a hibaszint. Mindezek a csírázási tesztek ismételtetésének jelentőségét hangsúlyozzák.

A laboratóriumi csírázási átlageredmények alapján elmondható, hogy a tartósan extrém alacsony hőmérséklet hatékonyabb a magnyugalmi állapot feloldásában, mint a 0 °C körüli. A 0 °C-os tárolást követően a tárolás előtti eredményekhez képest a vizsgált 23 faj közül 17 esetében (*Tragopogon orientalis*, *Tragopogon dubius*, *Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Bromus inermis*,

Melica transsilvanica, *Gypsophila paniculata*, *Holosteum umbellatum*, *Gypsophila arenaria*, *Dianthus serotinus*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Oxytropis pilosa*, *Coronilla vaginalis*, *Salvia nemorosa*, *Prunella vulgaris*) szignifikáns csökkenés következett be az átlagos csírázási eredményekben 2017-ben. 5 faj (*Podospermum canum*, *Festuca arundinacea*, *Silene alba*, *Mentha longifolia*, *Phlomis tuberosa*) esetében nem volt szignifikáns a változás, míg szignifikáns növekedés sehol sem volt tapasztalható.

A -20 °C-os tárolást követően 9 faj (*Tragopogon orientalis*, *Tragopogon dubius*, *Bromus inermis*, *Gypsophila arenaria*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Oxytropis pilosa*, *Coronilla vaginalis* és a *Salvia nemorosa*), esetében történt szignifikáns csökkenés és ugyancsak 8 fajnál (*Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Melica transsilvanica*, *Holosteum umbellatum*, *Silene alba*, *Mentha longifolia*, *Prunella vulgaris*, *Phlomis tuberosa*) szignifikáns növekedés az átlagos csírázási eredményekben 2017-ben a tárolás előtti eredményekhez képest. 4 faj (*Podospermum canum*, *Festuca arundinacea*, *Dianthus serotinus*, *Gypsophila paniculata*) esetében nem volt szignifikáns a változás.

A laboratóriumi átlagos csírázási eredményekből megállapítható, hogy az alacsonyabb tárolási hőmérséklet hosszabb távon kedvezően hatott a fajok csírázására, mint a 0 °C-os tárolás, hiszen -20 °C-on a tárolás 2. és 3. évében lényegesen magasabban alakult a fajok átlagos csírázási százaléka, mint 0 °C-on. A 0 °C-os tárolási hőmérséklet hatására a *Tragopogon* sp., az *Aster tripolium*, a *Cirsium brachycephalum*, a *Melica transsilvanica*, a *Holosteum umbellatum*, a *Melilotus officinalis*, a *Coronilla vaginalis*, az *Oxytropis pilosa*, a *Salvia nemorosa* és a *Prunella vulgaris* esetében a csírázási százalék szinte nullára (<5%) esett vissza, vagyis a 3. vizsgálati évben már egyáltalán nem csíráztak ezek a fajok laboratóriumi körülmények között. Ezen fajok többsége esetében viszont a -20 °C-os hőmérséklet meghosszabbította az eltarthatóságukat, hiszen még a 2. és 3. évben is csíráztak, de az *Oxytropis pilosa* és a *Coronilla vaginalis* nem csírázott 2017-ben. Egyedül az *Oxytropis pilosa* esetén mondható el, hogy egyik tárolási hőmérsékleten sem csírázott a 3. évben, a 2. vizsgálati év után drasztikus csökkenés következett be, pedig a tételek ekkor mindössze egy éve voltak tárolva. Godefroid és munkatársai (2010) szintén arról számolnak be, hogy egyes fajok esetében a tárolás előtt, a friss magokon végzett csíráztatások jó eredményeket hoztak, azonban a tárolást követően már nagyon alacsony eredményeket mutattak. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy néhány faj magja eredendően rövid élettartamú.

A *Fabaceae* család esetében a laboratóriumi csíráztatások eredményei azt mutatják, hogy a magvak viszonylag rövid idő alatt átestek az utóérés időszakán, hiszen már a tárolás előtti csíráztatások során magasnak tekinthető (72% feletti) csírázási százalékot regisztráltam, egyedül a *Coronilla vaginalis* mutatott mindössze 42%-os csírázási százalékot. Az *Oxytropis pilosa* esetében igazolódott Galgóczi (1964) megállapítása, miszerint az azonos évjáratú magvaknál a fejlett magvak (nagyobb magtömegű) keményhájúsága nagyobb, mint a fejletlenek esetében, ahol magháj kösejtjeinek kialakulására még kevesebb idő áll rendelkezésre. A *Fabaceae* család tagjai esetében, a vizsgálat utolsó évében a legtöbb faj már lényegesen gyengébben csírázott, mint a korábbi években, vagyis csökkent a fajok tárolhatósága.

Az üvegházi körülmények között kapott gyengébb eredmények oka a szkarifikálás hiánya lehetett. A kapott eredményekből megállapítható, hogy a vizsgált öt faj közül négy esetében 90% körüli volt a keményhájúság aránya, míg a *Lotus corniculatus* esetében volt a legkisebb, mindössze 65-70% (tárolási hőmérséklettől függően) ez az arány. Ez azonban még így is lényegesen alacsonyabb a más szerzők (pl. Czimmer 1970, Li és Hill 1989) által tapasztalt 92-95% körüli arányhoz.

A csírázási eredményekből az is látható, hogy az alacsonyabb hőmérséklet kedvezett a maghéj permeabilitásának növelésében. Különösen alátámasztja mindezt, hogy a szabadföldi vetéseknél nem szkarifikáltuk előzetesen a magokat (mint a laboratóriumi vizsgálatoknál), a -20 °C-on tárolt minták ez esetben is jobb eredményt adtak. Itt tehát a hideghatás és a talaj időszakos nedvességtartalma játszhatott szerepet a permeabilitás csökkenésében.

A *Caryophyllaceae* család rokon fajai között elég gyakori, hogy a magok hosszú ideig megőrzik az életképességüket és egy-egy évben előforduló alacsony érték után, ismét magas csírázási érték mutatkozik (Csontos et al. 2006). Ez megfigyelhető volt a *Holosteum umbellatum* (-20 °C-on), és a *Dianthus serotinus* (mindkét tárolási hőmérséklet) esetében is.

Velük ellentétben a *Poaceae* család tagjai többnyire viszonylag egyenletes csírázást mutattak az egyes években. Kivételként említhető a *Melica transsilvanica*, amely utolsó évben a 0 °C-os hőmérsékletről kivéve már egyáltalán nem csírázott, míg ugyanezen évben az alacsonyabb hőmérsékletről kivett tételek szinte 100%-os csírázást mutattak. A *Caryophyllaceae* és a *Poaceae* családok esetében nem igazolódtak Csontos és munkatársai (2016) megfigyelései, miszerint ezen családok tagjai az eltemetéses kísérlet során az első évben magas átlagos csírázási eredménnyel voltak jellemezhetőek, amely később fokozatosan csökkent. A *Caryophyllaceae* család fajainál a 0 °C-os tárolást követően igazolódtott a tendencia, viszont az alacsonyabb hőmérsékletről kivett tételeknél növekedés volt tapasztalható a csírázási értékekben az évek előrehaladtával. Az *Asteraceae* család tagjainál a -20 °C-os tárolást követően igazolódtak Csontos és munkatársai megfigyelései, valóban viszonylag stagnáló értékeket kaptam, de a 0 °C-os tárolást követően folyamatos csökkenés volt megfigyelhető. Hasonlóan viselkedtek a *Lamiaceae* család választott fajai is a 0 °C-os tárolást követően, viszont a -20 °C-on tárolt tételeknél ez esetben is igazolódtak Csontosék megállapításai, miszerint a gyenge kezdeti eredmények az évek során fokozatosan javultak (18. táblázat).

18. táblázat: Átlagos csírázási arányok (%) 5 vizsgált család fajain belül

Családnév	Átlagos csírázási %						
	Tárolás előtt	0 °C			-20 °C		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017
<i>Fabaceae</i> (5)	75,1	79,4	67,2	12,8	66,1	70,1	18,8
<i>Lamiaceae</i> (4)	37,4	9,6	10,4	9,1	29,0	44,4	44,0
<i>Asteraceae</i> (5)	54,9	47,4	29,3	17,0	60,9	62,4	57,9
<i>Caryophyllaceae</i> (5)	73,6	55,8	47,7	35,9	59,9	85,1	81,7
<i>Poaceae</i> (4)	83,0	61,9	70,7	48,5	72,9	80,3	72,7

A laboratóriumi csíráztatások eredményei alapján következtethetünk az eddig még nem ismert tárolási tulajdonságú fajok tárolási viselkedésére is. A vizsgálatban szereplő 23 faj közül 18 ortodox tulajdonságú, 5 (*Coronilla vaginalis*, *Gypsophila arenaria*, *Phlomis tuberosa*, *Stipa borysthenica*, *Tragopogon orientalis*) pedig nem szerepel a Royal Botanic Gardens Kew (RBG Kew) online SID adatbázisában (RBGK 2016). Az eredmények alapján ezekről a fajokról a következők állapíthatóak meg: a *Coronilla vaginalis* mindkét hőmérsékletről kivett tétele minden évben gyengén csírázott, szemben a kezdeti magasabb értékekkel. Úgy tűnik, hogy a tárolás lényegesen rontotta a magvak életképességét, túlélését. Igaz, ezen faj magvainak eltarthatóságára vonatkozóan nem áll rendelkezésre információ, de ha Walters megállapításait (Walters et al. 2005) vesszük alapul, amely szerint a hűvösebb

éghajlatról származó fajok magvai általában rövid élettartamúak, akkor figyelembe véve a faj alpesi-balkáni flóraelem jellegét, valószínűsíthető a *Coronilla vaginalis* magvainak rövidtávú perzisztens (az életképesség egy évnél tovább, de max. 5 évig tarthat, Thompson 1993) jellege, amely magyarázhatja azok gyors ütemben csökkent csírázóképességét. Mivel minimális arányú csírázás tapasztalható volt még az utolsó évben is, ezért a rekalcitráns és a tranziens tárolási viselkedés kizárható. Ahogy Jayasuriya (2013) is megállapította, a pillangósok többsége ortodox tulajdonságú és általában a fizikai dormancia jellemzi a magjaikat, azonban a családban eltérő tárolási tulajdonságú és magnyugalmi állapottal rendelkező fajok is előfordulnak.

A *Gypsophila arenaria* esetében elmondható, hogy a jelen vizsgálat alapján valószínűsíthető az ortodox tulajdonsága, tekintve, hogy laboratóriumi körülmények között még az utolsó évben a két, illetve három éve tárolt tételek jól (50, illetve 75% felett) csíráztak.

Szinte ugyanez mondható el a *Stipa borysthena* esetében, amely már gyengébb eredményeket mutatott, de három év tárolást követően is csírázóképesnek mutatkozott mind a laboratóriumban, mind pedig szabadföldön. Ezen eredmények összecsengenek Csontos és munkatársai (2016) megállapításaival, akik a faj rövidtávú perzisztens jellegét erősítették meg vizsgálatukban, ahol eltemetési kísérletben, a faj az első négy évben még csírázott, később már egyáltalán nem.

A *Tragopogon orientalis* esetében szintén az ortodox tulajdonság igazolódott, mivel a vizsgálat utolsó évében, a már öt éve tárolt tétel a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os tárolóból kivéve még 60%-os eredménnyel csíráztak, szabadföldön pedig szintén 50% felett.

Tekintve, hogy a *Phlomis tuberosa* már tárolás előtt és utána is, minden körülmény között nagyon gyengén csírázott, valószínűsíthető, hogy az eredmények hátterében a magvak rossz minősége vagy csökkent életképessége áll. Feltételezhető, hogy a faj inkább ortodox (esetleg intermedier) tulajdonságokkal rendelkezik és nem rekalcitráns.

A magtömeg és a csírázási százalék összefüggését vizsgálva megállapítható, hogy nincs közvetlen összefüggés a két adat között. Két csoportba foglaltam a Csontos-féle magtömeg kategóriák szerint a mért átlagos ezermagtömegek alapján a fajokat: az 1-3-as magtömeg kategóriába 12 faj (*Mentha longifolia*, *Holosteum umbellatum*, *Aster tripolium*, *Gypsophila arenaria*, *Melica transsilvanica*, *Salvia nemorosa*, *Prunella vulgaris*, *Phlomis tuberosa*, *Cirsium brachycephalum*, *Gypsophila paniculata*, *Silene alba*, *Dianthus serotinus*) tartozott, míg a 4-6-os magtömeg kategóriában 11 faj (*Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Oxytropis pilosa*, *Festuca arundinacea*, *Anthyllis vulneraria*, *Coronilla vaginalis*, *Podospermum canum*, *Bromus inermis*, *Tragopogon dubius*, *Tragopogon orientalis*, *Stipa borysthena*). Az 1-3-as magtömeg kategóriába eső fajok átlagos csírázási százaléka tárolás előtt 55% volt, míg a másik csoportnál ez az érték 75,5 % volt. A kétmintás t-próba alapján azonban az értékek nem különböztek szignifikánsan.

A 15. táblázatban tüntettem fel az adott faj 1-1 tételének ezermagtömeg átlagát, amelyet összevettem az egyes tételek csírázási százalékaival. Ez alapján elmondható, hogy a *Mentha longifolia* esetében tapasztalható, hogy a kisebb magtömegű tétel gyengébben csírázott, a többi esetben éppen az ellenkezőjét kaptam. Az *Oxytropis pilosa* egyik tétele 3 magtömeg kategóriával alacsonyabba esett, mint Csontosnál. azonban a kisebb magtömegű tétel laborban közel ugyanolyan jól csírázott (90% felett), mint a nagyobb tömegű, szabadföldön pedig kismértékben jobb kelést mutatott. A *Prunella vulgaris* esetében igazolódtak Winn (1985) megállapításai, miszerint a faj magtömegének növekedése pozitív hatást gyakorolt a csírázásra. A faj egyik magtételének általam mért átlagos ezermagtömege 0,472 g, míg a másiké 0,778 g. Ez utóbbi tétel mind laborban, mind a szabadföldön szinte minden esetben (kivéve 2015-

ban, amikor a -20 °C-os tárolást követően a nagyobb magtömegű tétel kismértékben gyengébben csírázott, mint a másik) jobban csírázott, mint a kisebb magtömegű tétel. Sonkoly és munkatársai (2014) szemléjükben említik, hogy a *Festuca arundinacea* terepi és laboratóriumi vizsgálatok alapján is szignifikáns pozitív korrelációt mutatott a magtömeg és a csírázási siker között. Vizsgálataim azonban ezt az összefüggést nem erősítették meg, a nagyobb magtömegű tétel (2,122 g) a laboratóriumi csíráztatások során a -20 °C-os tárolást követően gyengébben csírázott mindhárom vizsgálati évben. Szabadföldön is hasonló volt a helyzet: a nagyobb magtömegű tételek a 0 °C-os tárolást követően jobban csíráztak, mint a kisebb tömegűek, de az alacsonyabb tárolási hőmérsékletről kivett tételeknél viszont fordított volt a helyzet. Vagyis nemcsak a magtömeg befolyásolta a csírázást, hanem a tárolási hőmérséklet is.

A magvak nedvességtartama szintén nem mutatott összefüggést a csírázási átlagokkal: az eredmények szerint 2015-ben 0 °C-on tárolt tételek nedvességtartalma szignifikánsan magasabb volt, mint a -20 °C-ról kivett tételeké, azonban az átlagos csírázási eredményekben 2015-ben ez a különbség nem mutatkozott meg jelentősen (az előbbi esetben 50%, míg utóbbiban 55% körül alakultak a csírázási átlagok). 2016-ban a vizsgált magok nedvességtartalma a különböző hőmérsékleten való tárolás során jelentősen meghaladta a kiindulási értékeket, azonban a 0 °C-os és -20 °C-os tárolást követő nedvességtartalmak nem különböztek egymástól szignifikánsan. Viszont a 0 °C-on tárolt tételek csírázási átlaga (40%) lényegesen alacsonyabb volt 2016-ban, mint a -20 °C-on tárolt mintáké (65%).

4.6.2. Szabadföldi és üvegházi eredmények értékelése

Több szerző (pl. Oliveira et al. 2012) is beszámol arról, hogy a csíranövény-állapot egy rendkívül kritikus fejlődési szakasza a növényeknek a kitelepítések során, és a vetést követő első nyáron általában magas a mortalitási arány. Vizsgálataim ezt a megfigyelést alig támasztják alá, a megjelent csíranövényeknél egy év eltelte után sem tapasztaltam jelentős mortalitást, többségük a maghozásig is eljutott szabadföldön. Ebben szerepe lehetett a terület viszonylagos védettségének, aminek köszönhetően pl. a vadkártétel vagy patogének kártétele minimális volt, nem jelentkeztek özönfajok a területen, és a növények rendszeres gondozást (pl. öntözés, gyomlálás) kaptak. A vizsgált fajok egy kísérleti parcellán belüli elhelyezésének köszönhetően az azonos mikroklimatikus, edafikus tényezők itt a populációk jellegzetességeit és alkalmazkodóképességét is jobban kiemelik (Kereszty és Galántai 1994).

Az üvegházi nevelés során a kelési eredmények a legtöbb faj esetében meghaladták a szabadföldi eredményeket és inkább az ugyanezen évben végzett laboratóriumi értékekhez közelítettek, amelyben szintén nagy szerepe lehetett a kontrollált körülményeknek. Továbbá üvegházban jóval gyorsabban, egy hónap elteltével kicsíráztak a vetett magok, nem volt olyan elhúzódó a kelés, mint szabadföldön.

A vizsgálatokból is látható, hogy a fűfélék eredményesen szaporíthatóak magról, a *Bromus inermis* és a *Festuca arundinacea* esetében mindezek igazolni látszódtak a szabadföldi vetések során is.

A 13. táblázat alapján elmondható, hogy ősszel és tavasszal is egyaránt eredményesen vethető a *Tragopogon orientalis*, a *Tragopogon dubius*, a *Cirsium brachycephalum*, a *Holosteum umbellatum*, a *Dianthus serotinus*, az *Oxytropis pilosa*, a *Coronilla vaginalis* és a *Salvia nemorosa*. A fajok optimális vetési időpontjának megválasztásához az alábbi ajánlások tehetőek:

Az őszi vetés eredményesebb a következő fajok esetében: *Podospermum canum*, *Stipa borysthena*, *Silene alba*, *Gypsophila arenaria*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Prunella vulgaris*.

A tavaszi vetés eredményesebb: a *Tragopogon orientalis*, *Bromus inermis*, *Festuca arundinacea*, *Melica transsilvanica*, *Gypsophila paniculata*, *Mentha longifolia* esetében.

A gyomfajok esetében több hazai szerző is felhívja a figyelmet a fajok csírázásbiológiai sajátosságaiban fennálló, fajon belüli (intraspecifikus) különbségekre. Vagyis arra, hogy az egyes populációk és azok egyedei környezeti tényezőkre adott válaszreakcióikban nem feltétlenül egységesek, ami csírázási viselkedésükben is kifejezésre jut (Magyar 2013). A gyomfajok fő csírázási időszakán kívül azonban a legtöbb gyomfaj kelése elhúzódik, az évjárat-hatás, a változó abiotikus környezeti (csapadék, hőmérséklet) és a termesztés-technológiai tényezők (pl. talajművelés) miatt (Kazinczy et al. 2013). Baskin és Baskin (2003) szerint a vadon élő növényfajok számára különösen fontos a téli és nyári hőmérséklet a dormancia megtörése szempontjából.

A szabadföldi eredményekből látható, hogy a fajok többsége számára a hűtőkamrában alkalmazott hideghatás elegendő volt a dormancia megtöréséhez, és a tél végén, tavasszal vetett fajok szinte 1-2 hónapon belül kicsíráztak, de még a nyári vetések is szeptemberben csírázásnak indultak, kivéve a *Stipa borystehica*-t, a *Gypsophila paniculata*-t és a *Coronilla vaginalis*-t, amelyek magvai nyár végén elvetve, már csak következő tavasszal csíráztak ki. Vagyis ebből arra lehet következtetni, hogy a fajok egy jelentős része viszonylag széles hőmérsékleti tartományban képes csírázni, és akár két csírázási időszaka is lehet egy évben, hiszen mind a tavaszi, mind pedig a nyár végi periódusban találtam csíranövényeket. Viszont olyanok is akadnak, amelyek csak ősszel képesek csírázni, mint a kísérletben pl. a *Prunella vulgaris*, míg a *Melica transsilvanica*, a *Gypsophila paniculata* és a *Mentha longifolia* szinte csak tavasszal csírázott.

Az eredményeket érdemes a családok fejlődéstörténeti sorrendjének (a vizsgálatok eredményeinek ismertetése során ezt a sorrendben alkalmaztam) összefüggésében is értékelni. Az egyes családokhoz tartozó fajok átlagos csírázási eredményeit összehasonlítva (14. táblázat) látható, hogy a fejlődéstörténetileg korábbi (pl. *Fabaceae*, *Lamiaceae*) családok fokozatosan veszítettek életképességükből, míg a fiatalabb családok (pl. *Poaceae*) tovább megőrizték azt, és még a vizsgálat utolsó évében is nagy arányban csírázóképesek voltak. Míg a fiatalabb eredetű családok fajaira inkább az egyenletes csírázás volt jellemző laboratóriumban, addig az ősbibb eredetű fajok sokkal változékonyabb, hektikusabb eredményeket mutattak. Mindez ugyanakkor segítheti hosszútávú életben maradásukat is, hiszen magjaik még kedvező körülmények esetén sem egyszerre, hanem elhúzódva csíráznak, biztosítva ezáltal a fajok tartós fennmaradását.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A laboratóriumi csíráztatások jó kontrollként szolgálnak az életképesség megállapításához a későbbi, egyéb körülmények között végzett vizsgálatokhoz (vagyis, ha a laboratóriumban csírázik egy tétel, viszont a későbbiekben nem, akkor az eredménytelenség háttérében egyéb okok állhatnak, nem a tétel életképtelensége). Az ilyen kontrollált körülmények között végzett vizsgálatok, viszonylag hamar, pontosabb képet adnak a tételek csírázási képességéről, ugyanakkor esetenként felülbecslik a tényleges képességet.

Viszont az irodalomban olvasható vizsgálatokban gyakran csak egyféle módszer alapján történik a vizsgált fajok csíráztatása. Ez azonban olykor torz eredményekhez is vezethet, hiszen az egyes módszerek eredményessége között nagy különbségek lehetnek. Több módszer kipróbálásának hiányában téves következtetések vonhatóak le a fajok csírázási képességére vonatkozóan. A dormancia oldódásával összhangban változhat a magvak fényigénye, de a fajok rövid-, illetve hosszúnappallos karaktere is befolyásolja azt. Mindezek miatt tulajdonképpen nem minden esetben határozható meg egyértelmű protokoll a fényviszonyok alkalmazására, ezért célszerű többféle fényviszony mellett is ugyanazon faj mintáit csíráztatni. Van Treuren és munkatársai (2012) ugyancsak megerősítik a csíráztatási tesztek nagy hibaszázalékát, amely a vad rokon fajok esetén nagyobb lehet a kultúrnövényekénél.

Míg a kultúrnövények esetében a laboratóriumi csíráztatásoknál 85% az elfogadható regenerációs határérték, vadon élő fajok esetében ez az érték nagyon ritkán érhető el. Ezért a vadon élő növényfajok laboratóriumi csíráztatása során mindenképpen alacsonyabb (70% vagy még alacsonyabb) standardokat érdemes megállapítani (FAO 2013). Továbbá az sem jelenthető ki egyértelműen, hogy csak a teljesen sértetlen, egészséges és arányosan fejlődő csíranövénytől várhatunk teljes értékű növényt, hiszen az egyes kisebb problémákat a csíranövény képes a későbbiekben kinőni és normális növényé fejlődni (vö. Szabó et al. 1980 több megállapításával).

Jelenleg a génbankokban elsősorban laboratóriumi csíráztatásokat végeznek, de fontos lenne talajkísérleteket is végezni kontrollált körülmények között. A tételek regenerációja elengedhetetlen egy génbank eredményes működéséhez. E területen sajnos azonban jelentősek a lemaradások, ahogy arra a FAO 1996-ban készített jelentése (Global Diversity of Risk) is rávilágít (Smith et al. 2003). Továbbá fontos a témával foglalkozó különböző intézmények (pl. botanikus kertek, egyetemek és génbankok) együttműködése is ezen a téren.

A jelen vizsgálati eredmények is mutatják, hogy egyes fajok életképessége a vártnál gyorsabban csökken, így ezek esetében különösen fontos a regeneráció mielőbbi megkezdése. A szabadföldi vizsgálatok jó lehetőséget kínálnak a jövőben az olyan hiányterületeken való előrelépésre is, mint például a fajok közötti interakciók elemzése vagy a szimbiotikus és a jótékony hatású mikroorganizmusok restaurációkban betöltött szerepe. Thrall és munkatársai (2015) is felhívták a figyelmet a nitrogénköti baktériumokra, melyek jelentős mértékű jótékony hatással bírnak egyes fajok csírázására.

Tekintve, hogy a gyűjtött magokból kelt anyatövekről is történt magfogás, érdekes eredményeket mutathat az anyatövekről gyűjtött magvak csírázóképeségének vizsgálata, amely jelentősen eltérhet a természetben gyűjtött magokétól (Kereszty és Galántai 1994).

Szintén befolyásolhatja némileg a laboratóriumban az életképesség meghatározását a dormans magok arányának megállapítása. Egyes fajok hajlamosabbak a dormans magok képzésére, mint mások (különösen igaz ez a vad

rokon, illetve vad növényfajokra), de pontos információ még nem áll rendelkezésre erről az egyes fajok vonatkozásában. Így általában a tesztek értékelése során a ki nem csírázott, kemény magokat, amelyek gombafertőzéstől mentesek dormansnak szokták definiálni, ezzel némiképpen alulbecsülve a tényleges életképességet (van Treuren et al. 2013). Mindezek miatt is nagy jelentőségű lesz a jövőben, hogy minél több vadrokon, illetve vad növényfaj esetében ismert legyen azok csírázási igénye és dormancia viszonya.

A laboratóriumi csírázási átlageredmények alapján elmondható, hogy a tartósan extrém alacsony hőmérséklet hatékonyabb a magnyugalmi állapot feloldásában, mint a 0 °C körüli. Az eredményeim restaurációs szempontból is fontosak, mivel igazolódott, hogy néhány éves tárolás a fajok többségénél nem csökkenti jelentősen a magok felhasználhatóságát, így a magok tárolásával áthidalhatók egyrészt a gyenge maghozamú évek, másrészt a honos magpiac szűkösségéből eredő maghiány (Merritt és Dixon 2011).

Ha közvetlenül a tárolást követő évben visszaesést tapasztaltam a csírázásban nem zárható ki, hogy – az eltemetési vizsgálatokhoz hasonlóan, ahol az elásás váltott ki magnyugalmat (Csontos 2001) –, itt a hosszabb tárolás okozhatott ugyanilyen hatást, azáltal, hogy a magvakat tartósan fényhiányos helyen tartottuk, ahol megszűntek a napi-, illetve szezonális hőingadozások. A javuló csírázási eredmények az így indukált magnyugalom feloldódásának is köszönhetőek. Ugyanakkor a csökkent csírázóképeség egy másik oka a Harper (1977), valamint Baskin és Baskin (2004) által definiált, indukált magnyugalom is lehet. Bizonyos fajok esetében a száraz tárolás megszüntetheti a magnyugalmat, míg más fajok esetében éppen ellenkezőleg hathat a tárolás, dormanciát válthat ki. Vagyis a lecsökkent, vagy akár nulla százalékot mutató csírázási értékek nem minden esetben jelentik a csírázási képesség elvesztését, ugyanis utalhatnak az indukált dormancia fellépésére is. Tehát ezen fajok esetében a gyenge csírázási képesség nem feltétlenül van összhangban a magok életképességével. Az eredmények felhívják a figyelmet arra is, hogy fontos mielőbb megkezdeni a csökkent életképességű tételek regenerációját, amelyhez a szabadföldi kísérletek eredményei mutathatnak támpontot.

Azonban az eredményekből még hosszútávú következtetések nem vonhatóak le, tekintve, hogy a jelen kísérletben viszonylag kevés faj képviselt egy családot, amely nem tekinthető teljes mértékben reprezentatívnak az egyes családokra nézve.

Az egyes SBT csoportok magtömeg átlagai között a különbség nem volt szignifikáns, de a legkisebb átlagos magtömeg a ruderalis fajok csoportját jellemezte. Kiindulva a ruderalis fajok jellemző reproductív stratégiájából, vagyis a rendkívüli szaporaságukat lehetővé tevő jelentős magprodukciónak (e.g. Ujvárosi 1973; Hunyadi et al. 2000), illetve a magtömeg-magmennyiség viszonyát jellemző negatív korrelációból (e.g. Shipley és Dion 1992; Moles et al. 2004), sok apró mag feltételezhető esetükben, ami indokolhatja a kapott alacsony magtömeg átlagot, azonban ez még további vizsgálatokat igényel, további fajok bevonásával. Az eredmények összhangban vannak azzal az igazolt ténnyel, hogy a ruderalis fajok rendszerint hosszan elfekvő (perzisztens) magkészlettel rendelkeznek a talajban (e.g. Harper 1977; Thompson és Grime 1979; Fenner 1985; Thompson 1992; Bakker et al. 1996; Thompson et al. 1997; Bekker et al. 1998; Bossuyt és Honnay 2008), a perzisztens magkészlet pedig feltételezi a kis magméretet. A talaj magbank perzisztencia utóbbi összefüggése a magtömeggel (perzisztens magbank – kis magtömeg) a legtöbb flóratípusban általánosan elfogadott (e.g. Thompson és Grime 1979; Thompson et al. 1993, Bakker et al. 1996; Bekker et al. 1998; Hodgkinson et al. 1998; Funes et al. 1999; Thompson et al. 2001; Cerabolini et al. 2003, Peco et al. 2003; Zhao et al. 2011), bár megjegyzendő,

hogy ezt az ausztrál (Leishman és Westoby 1998) és az új-zélandi (Moles et al. 2000) flórában nem sikerült kimutatni.

A magtömeg és a csírázási adatok, valamint a csírázás optimális körülményeinek ismerete különösen nagy jelentőséggel bír például a visszagyepesítési munkálatokban (Török P. et al., 2016), ahol az egyes fajok magtömegének és csírázókéességének ismeretében tervezhető például, hogy mekkora magmennyiség (hány gramm mag) kivetése szükséges a kívánt egyedszám és biomassza eléréséhez. A magtömeg és a csírázási adatok jól hasznosíthatók az inváziós és migrációs ökológiában is. Az inváziós fajok csírázásbiológiájának ismerete felhasználható azok visszaszorításában. A magtömeg ismeretében becsülhető a magvak terjedéskapacitása (Bekker és Bakker 2003), valamint életképessége a talajban (pl. Thompson és Grime 1979; Thompson et al. 1993, Bakker et al. 1996; Bekker et al. 1998; Hodkinson et al. 1998; Funes et al. 1999; Thompson et al. 2001; Cerabolini et al. 2003, Peco et al. 2003; Zhao et al. 2011), ezeken keresztül pedig prediktálható a természetes fajok spontán regenerációjának esélye.

A szabadföldi vizsgálatokból is látható, hogy a fűfélék eredményesen szaporíthatóak magról, ami különösen fontos élőhelyrekonstrukciós szempontból, hiszen ezek egy részének (gyepalkotó, kompetitor vázfajok pl. *Festuca pseudovina*, *F. rupicola*, *F. pratensis*, *F. arundinacea*, *Poa pratensis*, *P. angustifolia*, *Bromus inermis* – Deák és Kapocsi 2010) a telepítések első fázisában már meg kell telepednie, majd pedig szaporodniuk szükséges. A fűfélék eredményes szaporíthatóságának hátterében Willems és Huijsmans megfigyelései szerint az is szerepet játszik, hogy a toklással rendelkező fajok gyorsabban képesek rögzíteni magukat, majd pedig csírázni a talaj felszínén (ahelyett, hogy eltemetődnek a mélyebb rétegekben és talajmagbankot képeznének), mint a függelékekkel nem rendelkező fajok.

A magvetések kiegészítésére szolgálhat a ritkább, kísérő fajok, színezőelemek (pl. pillangós fajok, úgy mint *Trifolium* spp., *Lotus corniculatus*, *Lathyrus* spp., *Vicia* spp.) utólagos ültetése. Nem elhanyagolható szempont, hogy a génbanki maganyag használata során lehetőség van az adott élőhely fajainak megfelelő genetikai állományú (ökotípus) szaporítóanyag felhasználására, valamint a szükséges fajok (pl. színezőelemek) egy része kereskedelmi forgalomból nem szerezhető be. Deák és Kapocsi számítása szerint a fent felsorolt fajokból a magvetéshez 20-40 kg/ha mag is szükséges lehet (Deák és Kapocsi 2010). A ritka színezőelemek betelepítése általában nem magvetéssel, hanem egyes növényegyedek beültetésével történik. Így a génbanki magminták felhasználása előtt mindenképpen szükséges ezen anyagok felszaporítása, amelynek módszertana vadon élő fajok esetében még kevésbé kidolgozott. Sőt, európai viszonylatban a honos növényi szaporítóanyag előállításának egyik fő korlátja a szaporítási ismeretek hiánya (Tischew et al. 2011). Mindezeknek is köszönhető, hogy a restaurációs projekteknél gyakran mindössze azon néhány karakterfajjal dolgoznak, amelyek könnyen hozzáférhetőek és magjaik könnyen csíráznak, ezáltal némiképp költséghatékonyabb megoldást is jelentenek. Ugyanakkor ezek valóban csak néhány fajt jelentenek a vegetációból, és így nem biztosítanak kellő diverzitást. A ritkábban szaporított (magvetéssel vagy természetes magszórás által) fajok általában rosszul csíráznak és úgy tűnhet, hogy a regeneráció kezdetén kis jelentőséggel bírnak, azonban szerepük mégis kulcsfontosságú az élőhelyek helyreállításában (Broadhurst et al. 2015).

A jelen kísérlet eredménye támpontot adhat a karakterfajok és egyes színezőelemek szaporításához, illetve iránymutatást nyújthat azzal kapcsolatban, hogy a csíráztatási és szaporítási eredmények alapján mely fajokat érdemes bátran bevonni restaurációs projektekre a könnyebb szaporíthatóságuk miatt (pl. *Silene alba*, *Festuca*

arundinacea, *Bromus inermis*, *Tragopogon orientalis*, *Podospermum canum*, *Dianthus serotinus*, *Gypsophila arenaria*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*), és melyek azok, amelyek további vizsgálatokat igényelnek (*Mentha longifolia*, *Coronilla vaginalis*, *Aster tripolium*). Oliveira és munkatársai (2014) szerint a fajok külön-külön történő vetése sokkal eredményesebb csírázást, meglepedést és növekedést eredményez a terepen, mint egy nagy denzitású magkeverék vetése (a jelenség hátterében allelopátiás hatások is keresendők). Fontos azonban azt is figyelembe venni, hogy a vadon élő növényfajok – vad karakterükből fakadóan – csírázása gyakran elhúzódó és vontatott lehet, még ideális körülmények között is, hiszen ez a fajok fennmaradásának egyik alapköve (Csontos 2001).

Baskin és Baskin (1998) monográfiájában leírja, hogy a fényigényes fajok általában tavasszal csíráznak, az alacsony téli hőmérsékleteket követően, míg az ősszel csírázó fajok a nyári meleget követően kezdik meg a csírázást. A kísérlet eredményeiből azonban arra következtethetünk, hogy a fajok többségénél a sikeres fejlődés szempontjából nem feltétlenül a vetési idő az elsődleges limitáló tényező, hanem sokkal inkább a vetéskori hőmérséklet, hiszen látható, hogy viszonylag széles időtartományban elvetve is képesek kicsírázni. A védett fajok esetében is elmondható, hogy még a számukra szuboptimális (napsugárzásnak erősen kitett környezet, általános virágföld alkalmazása ültetőközegként stb.) hőmérsékleti- és nedvességekörülmények ellenére is megjelentek csíranövények. Továbbá a növények jól tolerálták az átültetéseket, mivel a gyökerek megsértését sikerült elkerülni.

Ahogy Baskin és Baskin (2003) is írja, vannak olyan fajok, amelyeknek a csírázásához szükséges a nyári meleg, amelyet a téli alacsony hőmérséklet követ és csak ezután képesek tavasszal csírázni. Vagyis ezen fajoknál szükség lehet a hideg és/vagy meleg előkezelésre a dormancia megtöréséhez. Elmondható, hogy bár a fajok többsége széles hőmérsékleti tartományban is képes csírázni, azonban a hosszú meleg ősznek az embrió fejlődésében lehet nagy szerepe, míg a hosszú tavasz kedvez a csírázásnak, még mielőtt a forró nyár beköszöntene, ami viszont már kedvezőtlenül hathat a csírázásra.

A 2015. augusztusi meteorológiai adatokat az 1. melléklet tartalmazza. Az adatsorból látható, hogy augusztusban több mint 20 olyan nap volt, amikor a léghőmérséklet maximuma meghaladta a 30°C-ot (nem volt ritka a 35°C feletti maximum sem), míg természetes csapadék nem volt ebben az időszakban. Mindez magyarázat lehet az elhúzódó csírázásra, hiszen a csíranövények fejlődésük kezdeti szakaszában még rendkívül sérülékenyek: az epidermiszen a kutikula vékonyabb, a sztómák még nem teljes mértékben funkcióképesek, a mezofillumban az oszlopos parenchimasejtek kicsik, egyrétegűek. Ezért ebben az időszakban különösen fontos a páratartalom biztosítása, az erős fény leárnyékolása. A természetes vegetációban a környező növényzet biztosítja a leárnyékolást és ezáltal a csíranövények fejlődéséhez a megfelelő védelmet. A mintaterületen a vizsgált növények külön cserepekben fejlődtek, így ez a védelem kevésbé érvényesült (öntözéssel pótoltuk a nedvességet, ezáltal némileg csökkentve a páratartalom veszteséget), amely indokolhatja a lassabb, elhúzódó kelést.

Továbbá ahogy Batlla és Benech-Arnold is leírták a tavasszal, nyár elején csírázó egyéves növényeknél a magnyugalom csökken a téli hideg hatására, de a nyári alacsony hőmérséklet viszont indukálhatja a magnyugalmat, míg a nyár végén, ősszel csírázó egyéveseknél éppen fordítva történik mindez: a nyári magasabb hőmérséklet hatására csökken a dormancia és a téli hideg vált ki ezeknél a fajoknál másodlagos magnyugalmat (Batlla és Benech-Arnold 2015). Viszont a klímaváltozás miatt gyakran ezek az átmeneti évszakok lerövidülnek, szélsőséges hőmérsékletek dominálnak, amelyek gyakran csapadékhiánnyal párosulnak, így mindezek nagyban megnehezítik a csírázást.

Az eredményekből az is látható, hogy több esetben az alacsonyabb hőmérsékleten tárolt magminták jobban csíráztak, mint a magasabb hőmérsékleten őrzöttek. Ez jól szemlélteti azt a tendenciát, amely szerint a téli tartósan hideg időszakok csökkenése gyengítheti a csírázási képességet. Részben a kellő hideghatás hiánya gátolhatja azon fajok csírázását, amelyek igénylik csírázásukhoz a hideghatást (pl. T3-as, T4-es egyéves gyomok). Másrészt az olyan fajok esetében, amelyek magja ősszel is képes ugyan csírázni, de nagyobb arányban inkább tavasszal csíráznak, a melegebb őszenek és az enyhébb télnek köszönhetően ősszel is nagyobb arányban csírázhatnak. Ez potenciális lehetőséget jelenthet egyes fajok túlélése szempontjából. Ugyanakkor egyes gyomfajok, özönfajok irtása során további problémákat is jelenthet. Például Baskin és Baskin (1998) is beszámol arról, hogy az alacsony téli hőmérséklet (sztratifikáció) megszüntetheti pl. az *Asclepias syriaca* fényigényét a csírázás során, vagy éppen fényigényesebbé tesz bizonyos fajokat (pl. *Polygonum aviculare*).

Míg laboratóriumban számos módszer áll rendelkezésre a magnyugalom feloldására, szabadföldi körülmények között ezek alkalmazhatósága – gyakorlati tapasztalatok hiányában – még kérdéses. Éppen ezért különösen nehéz megjósolni, hogy a klímaváltozás miként fogja befolyásolni a restaurációk során a fajok csírázási és dormancia viszonyait. A restaurációk során mindenképpen célszerű figyelemmel kísérni az adott terület csapadék- és hőmérséklet viszonyainak változását, mivel ezek az adatok segíthetik a magvetések pontosabb tervezését (Broadhurst 2015). Mindezen folyamatok természetesen hatással vannak a talaj nedvességtartalmára és a talajközeli hőmérsékletére, amely közvetlenül hat a talajmagbank életére, a magvak csírázásra (a dormancia viszonyokra), eltarthatóságára, a populáció dinamikájára, és ezáltal megváltoztathatja a növényi közösség diverzitását egy adott területen (Walck et al. 2011).

A magnyugalmat megszüntető tényezők csak akkor hatnak, amikor a faj megtelepedéséhez tartósan kedvezőek a környezeti feltételek. Ez a hosszútávú hatás kizárja a rövid kedvező időszakok szerepét (Hunyadi et al. 2000). Vagyis a téli vagy koratavaszi egy-két napos kedvező időszak hatására nem indulna meg a csírázás, viszont a tartósan magasabb hőmérsékletű őszi és tavaszi időszakok megváltoztathatják ezt a tendenciát. A téli enyhe hónapok számtalan gyomnövényfaj fejlődésének kedveznek. A nagyobb hőigényű, szárazságtűrő fajok dominánssá válhatnak (pl. a pázsitfűfélék vagy a fészkesvirágzatúak családjába tartozó fajok). Ugyancsak növekedhet az áttelelő egyévesek (T1, T2) borítása (Czimer et al. 2014).

Minden bizonnyal a klímaváltozás jelentősen befolyásolja a növények reprodukcióját, a magprodukción és a magvak életképességét, csakúgy, mint a fajok szaporítását, illetve magok felhasználásával történt restaurációk eredményességét (Broadhurst 2015). Már kisebb, a növényi életciklus egyes kritikus szakaszaiban bekövetkező változás is komoly hatással lehet például a növények reprodukciójára, ami pedig kihathat azok elterjedésére, túlélésére (Cochrane 2016, Cochrane et al. 2011). Ilyen kritikus életszakasznak tekinthető a magvak kicsírázása és a csíranövények fejlődése. Különös igaz ez azon fajokra, amelyek elterjedési területük határára szorultak (Cochrane 2016). A hőmérséklet egy kulcsfontosságú szabályozója a csírázásnak. Mindez különösen meghatározó lehet a klímaváltozás tükrében, hiszen a fajok többsége (különös tekintettel a rekalcitráns, vagyis a szárítást rosszul tűrő fajokra) nem képes kellő rugalmassággal reagálni a várható magasabb hőmérsékletre és aszályosodásra, ami nagy kockázatot jelenthet például a reintrodukció/élőhely restauráció során, hiszen nagyban ronthatja a visszatelepítendő fajok csírázási és túlélési esélyét. Valamint az aszályos időszakok csökkenthetik a magok számát és méretét, ezzel növelik a rossz minőségű magvak számát.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 5 faj (*Coronilla vaginalis*, *Gypsophila arenaria*, *Phlomis tuberosa*, *Stipa borysthena*, *Tragopogon orientalis*) tárolhatósági tulajdonságának meghatározása.
- 10 fajnál (*Tragopogon orientalis*, *Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthena*, *Silene alba*, *Gypsophila arenaria*, *Coronilla vaginalis*, *Phlomis tuberosa*) nem állt rendelkezésre laboratóriumi csíráztatási protokoll a vonatkozó adatbázisokban (SID RBGK 2016), ezeknél a dolgozatban ajánlást tettem lehetséges módszertanra.
- A Pannon flóra vonatkozásában alig találhatóak csírázási adatok, különösen természetközeli viszonyok között vizsgálva (Kiss et al. 2018). Dolgozatom ezért újszerű eredményt jelent a választott fajok szabadföldi szaporíthatóságával, csírázási képességével kapcsolatban, különös tekintettel a génbankban tárolt anyagok természetvédelmi célú felhasználására. Az eredményekből látható, hogy a magok restaurációs célú használatához fontos ismerni a választott fajok magjainak csírázási képességét, amely évről-évre (esetenként jelentős) változást mutathat.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai természetes élőhelyek fajainak csírázási tulajdonságairól még nagyon hiányosak az ismereteink. Tekintve, hogy a génbankokban megőrzött anyagok elsődleges célja az aktív természetvédelemben való felhasználás, valamint a genetikai változatosságuk megőrzése, ezért különösen indokolt annak kutatása, hogy az egyes növényfajok hogyan reagálnak a hűtött körülményekre ($<0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, leggyakrabban $-18\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$), életképességük hogyan változik a tárolás során.

Dolgozatomban a hazai flóra öt különböző családból származó 23 vadon élő lágyszárú növényfajának különböző hőmérsékletű génbanki tárolókban őrzött, szárított magjainak csírázóképeség-változását és ennek okait vizsgáltam laboratóriumi, üvegházi és szabadföldi körülmények között. A laboratóriumi átlagos csírázási eredményekből megállapítható, hogy az alacsonyabb tárolási hőmérséklet hosszabb távon kedvezőbben hatott a fajok csírázására és meghosszabbította azok eltarthatóságát, mint a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os tárolás, hiszen $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os tárolást követően a 2. és a 3. évben lényegesen magasabban alakult a fajok átlagos csírázási százaléka, mint $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on. Míg a filogenetikailag fiatalabb eredetű családok (pl. *Poaceae*) fajaira inkább az egyenletes csírázás volt jellemző laboratóriumban, addig az ősbib eredetű családok (pl. *Fabaceae*, *Lamiaceae*) fajai sokkal változékonyabb, hektikusabb eredményeket mutattak. Mindez ugyanakkor segítheti hosszútávú életben maradásukat is, hiszen magjaik még kedvező körülmények esetén sem egyszerre, hanem elhúzódva csíráznak, biztosítva ezáltal a faj tartós fennmaradását.

Általánosságban elmondható, hogy egy fajon belül az egyes tételek esetenként nagyon eltérő eredményt mutathatnak, ami utalhat a tételek tárolása során bekövetkező változásokra, de következhet a nem megfelelő tárolási technika (kezelés) hatásából is, éppúgy, mint a gyűjtött magok nem megfelelő minőségéből. Egyes fajok életképessége a vártnál gyorsabban csökken, így ezek esetében különösen fontos a regeneráció mielőbbi megkezdése.

Új eredménynek tekinthető, hogy a *Gypsophila arenaria*, a *Stipa borysthena*, és a *Tragopogon orientalis* fajoknak sikerült meghatározni a tárolási tulajdonságát, igazolódott az ortodox viselkedésük, míg a *Coronilla vaginalis* és a *Phlomis tuberosa* feltételezhetően ortodox fajok. 10 fajnál (*Tragopogon orientalis*, *Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthena*, *Silene alba*, *Gypsophila arenaria*, *Coronilla vaginalis*, *Phlomis tuberosa*) nem állt rendelkezésre laboratóriumi csíráztatási protokoll a vonatkozó adatbázisokban (SID RBGK 2016), ezeknél a dolgozatban ajánlást tettem lehetséges módszertanra.

A magtömeg és a csírázási százalék összefüggését vizsgálva megállapítható, hogy nincs közvetlen összefüggés köztük. Mindössze a *Mentha longifolia* esetében tapasztalható, hogy a kisebb magtömegű tétel gyengébben csírázott, a többi esetben éppen az ellenkezője igazolódott.

A magvak nedvességtartalma szintén nem mutatott összefüggést a csírázási átlagokkal.

Az üvegházi és a szabadföldi kísérlet eredményeiből arra következtethetünk, hogy a fajok többségénél a sikeres fejlődés szempontjából nem feltétlenül a vetési idő az elsődleges limitáló tényező, hiszen viszonylag széles időintervallumban elvetve is képesek voltak kicsírázni, sokkal inkább a csírázáskori hőmérséklet a meghatározó.

A szabadföldi kísérletben a nyár végi vetéseknél elhúzódó volt a kelés, míg a tavasszal vetett magok kelése sokkal gyorsabb ütemben és összehangoltabban történt – a fajok többsége április-május folyamán kicsírázott. Mivel a vadon élő növényfajok szaporítási ismeretei még meglehetősen hiányosak, a jelen kísérlet támponatot adhat a

karakterfajok és az egyes színezőelemek szaporításához, illetve iránymutatást nyújthat azzal kapcsolatban, hogy a csíráztatási és szaporítási eredmények alapján könnyebb szaporíthatóságuk révén mely fajokat érdemes bevonni restaurációs projektekbe, (pl. *Silene alba*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Tragopogon orientalis*, *Podospermum canum*, *Dianthus serotinus*, *Gypsophila arenaria*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*), és mely fajok azok, amelyek szaporíthatósága további vizsgálatokat igényel (*Mentha longifolia*, *Coronilla vaginalis*, *Aster tripolium*).

8. SUMMARY

Information concerning the germination ability of species of natural habitats in Hungary are still incomplete. Since the main aim of the genetic material stored in genbanks is the utilisation for nature conservation purposes and the conservation of their genetic variability, investigation of effects of cool conditions ($<0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mostly $-18 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$) on the behaviour and viability of plant seeds, is essential.

In the current research I investigated the changes in germination ability of dry-stored seed samples of 23 native herbaceous plant species from 5 different families under laboratory, glass house and field conditions. Accessions were stored in cold rooms in genbank under two different temperature conditions.

Average germination results in laboratory show that in long-term scale lower temperature is more favourable on germination and increases longevity of seeds than storing in $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Average germination percent of species after storing in $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ were considerably higher even in the second and third year too than in $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. While the laboratory germination of phylogenetically younger families (e.g. Poaceae) was rather consistent, ancient families (e.g. *Fabaceae*, *Lamiaceae*) showed more variable, hectic results. However it can help long-term survival of these families, as their seeds won't germinate at the same time under favourable conditions, but slowly, which provides survival of species.

In general, results are not often consistent within a species, because in some cases accessions can show very different results, which can refer to the changes induced by storing, to inadequate storing conditions, methods, or to seed quality problems. Viability of certain species can reduce faster than it is expected, so beginning of regeneration is essential in these cases.

New result in this investigation is determination of orthodox storage behaviour of *Gypsophila arenaria*, *Stipa borysthena* and *Tragopogon orientalis*. Germination protocols of 10 species (*Tragopogon orientalis*, *Aster tripolium*, *Cirsium brachycephalum*, *Bromus inermis*, *Melica transsilvanica*, *Stipa borysthena*, *Silene alba*, *Gypsophila arenaria*, *Coronilla vaginalis*, *Phlomis tuberosa*) were not available yet in concerning database (SID RBGK 2016), so in the case of these species I made recommendations on possible protocols.

Direct connection between seed mass and germination percentage was not detected. Only in the case of *Mentha longifolia* was showed that the accession with lower seed mass germinated worse, but in any other cases I found the opposite.

Connection was also not found between water content of seeds and their average germination result.

Regarding the results of investigations under glass house and field conditions, it can be concluded that, not necessarily the sowing time is the primary factor for successful plant development, as it was experienced, plants could germinate under a wider time interval.

Germination of summertime sowings was slower and longer in the field, while germination of seeds sown in spring was faster and more harmonic, most of the species germinated during April and May.

As propagation methods of wild species are still rather incomplete, current experiment can help in propagation of character species and accompanying elements, furthermore can give suggestions for which species can be involved more successfully in restoration projects due to their easier propagation (e.g. *Silene alba*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Tragopogon orientalis*, *Podospermum canum*, *Dianthus serotinus*, *Gypsophila arenaria*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*), and which species requires further investigations (e.g. *Mentha longifolia*, *Coronilla vaginalis*, *Aster tripolium*).

9. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

- ABRAHAM, J.K., CORBIN, J.D., D'ANTONIO, C.M. (2009): California native and exotic perennial grasses differ in their response to soil nitrogen, exotic annual grass density, and order of emergence. *Herbaceous Plant Ecology*, 81-92.
- AGACKA, M., LASKOWSKA, D., DOROSZEWSKA, T., HAY, F. R., BÖRNER, A. (2014): Longevity of *Nicotiana* seeds conserved at low temperatures in ex situ genebanks. *Seed Science and Technology*, 42: 355–362.
- AKHALKATSI, M., LÖSCH, R. (2005): Water limitation effect on seed development and germination in *Trigonella coerulea* (Fabaceae). *Flora*, 200: 493-501.
- BAKKER, J.P., POSCHLOD, P., STRYKSTRA, R.J., BEKKER, R.M., THOMPSON, K. (1996): Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4): 461-490.
- BALOGH, H.A., DITOMMASO, A., WATSON, A.K. (2001): Intrapopulation variation in *Abutilon theophrasti* seed mass and its relationship to seed germinability. *Seed Science and Research*, 11: 335-343.
- BARTHA, D., BÁN, M., SCHMIDT, D., TIBORCZ V. (2015): Magyarország edényes növényfajainak online adatbázisa (<http://floraatlasz.uni-sopron.hu>. – Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Növénytani és Természetvédelmi Intézet. Lekérdezés ideje: 2021. január.
- BASKIN, J.M., NAN, X., BASKIN, C.C. (1998): A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of *Senna* (Fabaceae). *Seed Science Research*, 8(4): 501-512.
- BASKIN, C. C., BASKIN, J. M. (2003): When breaking seed dormancy is a problem try a move-along experiment. *Native Plants Journal*, 4: 17-21.
- BASKIN, J.M, BASKIN, C.C. (2004): A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1–16.
- BASKIN, C.C., BASKIN, J.M. (2014): *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2nd edn. Elsevier, San Diego, London, Waltham. 1600 p., pp. 145-166.
- BATLLA, D., és BENECH-ARNOLD, R. L. (2015): A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. *Seed Science Research*, 25: 147-158.
- BEKKER, R.M., BAKKER, J.P., GRANDIN, U., KALAMEES, R., MILBERG, P., POSCHLOD, P., THOMPSON, K., WILLEMS, J.H. (1998): Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. *Functional Ecology*, 12: 834-842.

- BEKKER, R.M., BAKKER, J. (2003): Seed traits: essential for understanding seed longevity. *Aspects of Applied Biology*, 69: 1-9.
- BENCZE, J. (1969): A gyommagvak és termések csírázási feltételei. *Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Közleményei*. Gödöllő, 153–162. In: *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, XIV (1): 3.
- BERJAK, P., PAMMENTER, N. W. (2008): From Avicennia to Zizania: Seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany*, 101: 213-228.
- BOJŇANSKÝ, V., FARGAŠOVÁ, A. (2007): Atlas of seeds and fruits of Central and East-European flora. The Carpathian Mountains Region. Springer, Dordrecht, 1046. p.
- BÖLÖNI, J., MOLNÁR, ZS., KUN, A. (szerk.) (2011): Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. *ÁNÉR 2011*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 441 p.
- BORHIDI, A. (1995): Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. *Acta Botanica Hungarica* 39, (1-2): 97-181.
- BOSSUYT, B., HONNAY, O. (2008): Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in Eurkoöpean communities. *Journal of Vegetation Science*, 19: 87--884.
- BROADHURST, L. M., JONES, T. A., SMITH, F., NORTH, T., GUJA, L. (2015): Maximizing seed resources for restoration in an uncertain future. *BioScience*, 66 (1): 73-79.
- BRUMMITT, N., BACHMAN, S., GRIFFITHS-LEE, J., LUTZ, M., MOAT, J., FARJON, A., DONALDSON, J., HILTON-TAYLOR, C., MEAGHER, T., ALBUQUERQUE, S., ALETRARI, E., ANDREWS, A., ATCHISON, G., BALOCH, E., BARLOZZINI, B., BRUNAZZI, A., CARRETERO, J., CELESTI, M., CHADBURN, H., további 35 szerző és NIC LUGHADHA, E. (2015): Green Plants in the Red: A Baseline Global Assessment for the IUCN Sampled Red List Index for Plants. *Plos One* 10 (8): 1-22.
- CERABOLINI, B., CERIANI, R.M., CACCIANIGA, M., DE ANDREIS, R., RAIMONDI, B. (2003): Seed size, shape and persistence in soil: a test on Italian flora from Alps to Mediterranean coasts. *Seed Science Research*, 13: 75-85.
- CHAPMAN, T., MILES, S., TRIVEDI, C. (2019): Capturing, protecting and restoring plant diversity in the UK: RBG Kew and the Millenium Seed Bank. *Plant Diversity*, 41: 124-131.
- COCHRANE, A., KELLY, A., BROWN K., CUNNEEN, S.: (2002): Relationships between seed germination requirements and ecophysiological characteristics aid the recovery of threatened native plant species in Western Australia. *Ecological Management és Restoration*, 3: 45–58.

- COCHRANE, A., DAWS, M.I., HAY, F.R. (2011): Seed-based approach for identifying flora at risk from climate warming. *Austral Ecology*, 36: 923-935.
- COCHRANE, A. (2016): Can sensitivity to temperature during germination help predict global warming vulnerability? *Seed Science Research*, 26 (1): 14–29.
- COME, D. (1970): Les obstacles a la germination. Masson et Cie, Paris. In: Szabó, L. Gy. (1980): *A magbiológia alapjai*. Budapest. Akadémiai Kiadó, Budapest, 392 p., pp. 93.
- CRAWFORD, A., STEADMAN, K., PLUMMER, J., COCHRANE, A., PROBERT, R. (2007): Analysis of seed-bank data confirms suitability of international seed-storage standards for the Australian flora. *Australian Journal of Botany*, 55: 18-29.
- CZIMBER, GY. (1964): Előkísérletek a talajban elfekvő arankamagvak csírázókéességének megsemmisítésére. *Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola Közlemények*, 7 (5): 11–16. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, XIV. (1): 3.
- CZIMBER, GY. (1965): Adatok az arankamag csírázásának biológiájához. *Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola Közlemények*, 8 (5): 8–15. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, XIV. (1): 3.
- CZIMBER, GY. (1970): A hazai előfordulású, keményhéjú magot termő növények ökológiai és rendszertani vonatkozásai. *Agrártudományi Egyetem Keszthely, Mosonmagyaróvári Mezőgazdaságtudományi Kar Közleményei*, (13): 5–40.
- CZIMBER, GY., GLEMNITZ, M., HOFFMANN, J., RADICS L. (2014): A gyomnövények terjedése és a klímaváltozás hatása. *Agronapló* <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2004/12/szantofold/a-gyomnovenyek-terjedese-es-a-klimavaltozas-hatasa>
- CSATHÓ, A. I. (2009): A mezsgyék természetvédelmi jelentősége és védelmük időszzerűsége. *Természetvédelmi közlemények*, 15: 171-181.
- CSERESNYÉS-BÓZSING, E. (2010): A hólyagos csüdfű (*Astragalus cicer* L.) magtermelésének és csírázókéességének vizsgálata. *Botanikai Közlemények*, 97(1–2): 49–57.
- CSONTOS, P., HORÁNSZKY, A., KALAPOS, T., LŐKÖS, L. (1996): Seed bank of *Pinus nigra* plantations in dolomite rock grassland habitats, and its implications for restoring grassland vegetation. *Annales Musei historico-naturalis hungarici*, 88: 69-77.
- CSONTOS, P. (1998): The applicability of seed ecological database (SEED) in botanical research. *Seed Science Research*, (14): 47-51.
- CSONTOS, P. (2001): A természetes magbank kutatásának módszerei. *Synbiologia Hungarica Scientia* Kiadó, Budapest, 155 p., pp. 4. 12., 27., 54.

- CSONTOS, P., BÓZSING, E., KÓSA, G., ZSIGMOND, V. (2006): Csírázókéesség vizsgálata természetes flóránk fajainak hagyományos gyűjteményekben őrzött magvain. *Botanikai Közlemények*, 93 (1-2): 93-102.
- CSONTOS, P., KALAPOŠ, T. (2006): Csírázókéesség vizsgálata a hazai flóra néhány szárazgyepi és erdei lágyszárúján. In: Molnár E. (szerk.) *Kutatás, oktatás, értékteremtés. A 80 éves Précsényi István köszöntése. MTA ÖBKI, Vácrátót*, p. 244., 217-225. p.
- CSONTOS, P., TAMÁS, J. and BALOGH, L. (2007): Thousand seed weight records of species from the flora of Hungary, II. Dicotyledonopsida. *Studia Botanica Hungarica* (38): 179–189.
- CSONTOS, P., KALAPOŠ, T., TAMÁS, J. (2016): Comparison of seed longevity for thirty forest, grassland and weed species of the Central European flora: Results of a seed burial experiment. *Polish Journal of Ecology*, 64 (3): 313-326.
- DE VITIS, M., ABBANDONATO, H., DIXON, K., LAVERACK, G., BONOMI, C., PEDRINI, S. (2017): The European Native Seed Industry: Characterization and Perspectives in Grassland Restoration. *Sustainability*, 9 (10): 1682.
- DEÁK, B., TÖRÖK, P., KAPOCSI, I., LONTAY, L., VIDA, E., VALKÓ, O., LENGYEL, SZ., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2008): Szik- és lösz-gyep-rekonstrukció vázfajokból álló magkeverék vetésével a Hortobágyi Nemzeti Park területén (Egyek-Pusztakócs). *Tájökológiai Lapok*, 6: 323–332.
- DEÁK, I., KAPOCSI, I. (2010): Természetvédelmi célú gyepesítés a gyakorlatban: mennyibe kerül egy hektár gyep? *Tájökológiai Lapok*, 8 (3): 395–409.
- DEÁK, B., VALKÓ, O., KELEMEN, A., TÖRÖK, P., MIGLÉCZ, T., ÖLVEDI, T., LENGYEL, S., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2011): Litter and graminoid biomass accumulation suppresses weedy forbs in grassland restoration. *Plant Biosystems*, 145: 730–737.
- DEGEN, Á. (1921): Jelentés a koppenhágai 1921. évi nemzetközi vetőmagvizsgáló kongresszusról. *Kis. Közlem.* 24. 247-261. In: SZABÓ, L. GY., (szerk.) (1980): *A magbiológia alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest*, 392 p., pp. 306.
- EEA. EU (2010): *Biodiversity Baseline; EEA Technical Report No 12/2010; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark*, 121 p., pp. 36-41
- ELLIS, R.H., HONG, T.D., ROBERTS, E.H. (1989): A comparison of the low-moisture-content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. *Annals of Botany*, 63: 601-611.
- ELLIS, R., HONG, T., ROBERTS, E. (1991): Seed moisture content, storage, viability and vigour. *Seed Science Research*, 1(4): 275-279.
- ENSCONET (2009a): *ENSCONET Seed Collecting Manual for Wild Species. Royal Botanic Gardens, Kew (UK) és Universidad Politécnica de Madrid (Spain)*, 32 p.

http://ensconet.maich.gr/PDF/Collecting_protocol_English.pdf. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: seed collecting manual. Lekérdezés időpontja: 2020.10.30.

ENSCONET (2009b): ENSCONET Curation protocols and recommendations. [ebook] European Native Seed Conservation Network (ENSCONET), Royal Botanic Gardens, Kew. 42. p. https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/curation_protocol_english.pdf.

Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: seed curation protocol. Lekérdezés időpontja: 2020.10.30.

European Commission (1992): Council Directive 92/43/EEC of 21 of May 1992 on the conservation of natural habitats and wild fauna and flora.

FAO/IPGRI (1994): Genebank Standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 46 p., pp. 13.

FAO (2010): The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 351 p., pp. 20., pp. 55.

FAO (2013): Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, 166 p., pp. 31.

FENNER, M. (1985): Seed ecology. London, Chapman and Hall. pp. 151.

FENNER, M. (1992): Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. 1st edn. CAB International, Wallingford, Oxon, 365 p.

FREITAS, R., DIAS, D., OLIVEIRA, G.A., DIAS, L., JOSÉ, I. C. (2006): Physiological and biochemical changes in naturally and artificially aged cotton seeds. *Seed Science and Technology*, 34: 253-264.

FUNES, G., BASCONCELO, S., DIAZ, S., CABIDO, M. (1999): Seed size and shape are good predictors of seed persistence in soil in temperate mountain grasslands of Argentina. *Seed Science Research*, 9: 341-345

GALGÓCZI, J. (1964): Keményhájúsági vizsgálatok pillangósvirágú növények magvaival. *Növénytermelés*, 13: 347-360.

GARCIA, Q.S., OLIVEIRA, P.G., DUARTE, D.M. (2014): Seasonal changes in germination and dormancy of buried seeds of endemic Brazilian Eriocaulaceae. *Seed Science Research*, 24: 113-117.

GÁSPÁR, S. (1980): A magvak életképessége és meghatározásának módszerei. In: SZABÓ, L. GY. (ed.) 1980: A magbiológia alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 391 p., pp. 326-347.

- GLOWKA, L., BURHENNE-GUILMAN, F., SYNGE, H., MCNEELY, JA., GÜNDLING, L. (1994): A Guide to the Convention on Biological Diversity. Gland (Switzerland): IUCN. Environment Policy and Law Paper, 30: 52.
- GODEFROID, S., VAN DE VYVER, A., VANDERBORGHT, T. (2010): Germination capacity and viability of threatened species collections in seed banks. *Biodiversity Conservation*, 19: 1365–1383.
- GOLD, K., MANGER, K. (2014): RBG Kew Technical Information sheet_06: Selecting containers for long-term seed storage (online) <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/06-Containers.pdf>
- GRAHL, A. (1969): Entwicklungsphysiologische Veränderungen des Saatgutes nach der Reife. *Saatgutwirtschaft* 21 (15-16): 589-599. In: SZABÓ, L. GY. (1980): *A magbiológia alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 392 p., pp. 93. p.
- GRIME, J.P. (1979): *Plant strategies and vegetation processes*. J. Wiley, Chichester, New York, 222 pp.
- GRIME, J.P., MASON, G., CURTIS, A.V., RODMAN, J., BAND, S.R., MOWFORTH, M.A.G., NEAL, A.M., SHAW, S. (1981): A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology*, 69: 1017-1059.
- GROOT, S. P. C., GROOT, L., DE KODDE, J., VAN TREUREN, R. (2015): Prolonging the longevity of ex situ conserved seeds by storage under anoxia. *Plant Genetic Resources*, 13(1): 18–26.
- GRUBB, P. J. (1988): The uncoupling of disturbance and recruitment, two kinds of seed bank and persistence of plant populations at the regional and local scales. *Annales Zoologici Fennici*, 25: 23-26.
- GRÚSZ, E. (1992): Védett és veszélyeztetett növényfajok fenntartása a Soroksári Botanikus kertben. Lippai János tud. ülészak előadásai. Bp. KÉE Kiadv. 190-193.
- GUERRANT, O., HAVENS, K., VITT, P. (2014): Sampling for effective ex situ plant conservation. *International Journal of Plant Sciences*, 175 (1): 11.
- HALMAGYI, A. és PINKER, I. (2014): Germination and cryopreservation responses of *Jatropha curcas* in relation of seed qualits. *Seed Science and Technology*, 42: 344–354.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9., http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HARPER, J.L. (1977): *Population biology of plants*. Academic Press, London. pp. 892.
- HARRINGTON, J. F. (1972): Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKY, T. T. (ed) *Seed biology* (3) Academic Press, New York és London. 430 p, pp. 145-245.

- HAVENS, K., VITT, P., MAUNDER, M., GUERRANT, E. O., DIXON, K. (2006): Ex Situ Plant Conservation and Beyond. *BioScience*, 56 (6): 525–531.
- HAY, F. R., SMITH, R. D. (2003): Seed Maturity: when to collect seeds from wild plants. SMITH, R.D., DICKIE, J. B., LININGTON, S. H., PRITCHARD, H.W., PROBERT, R.J. (eds.) (2000): *Seed conservation: turning science into practice*. London: Royal Botanic Gardens, Kew. p. 1046., pp. 97–133.
- HAY, F., DE GUZMAN, F., ELLIS, D., MAKAGHIYA, H., BORROMEO, T., HAMILTON, N. (2012): Viability of *Oryza sativa* L. seeds stored under genebank conditions for up to 30 years. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60 (1): 275–296.
- HAY, FR., PROBERT, RJ. (2013): Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. *Conservation Physiology*, 1: 1-11.
- HILL, J., EDWARDS, W., FRANKS, P. (2012): Size is not everything for desiccation-sensitive seeds. *Journal of Ecology*, 100: 1131–1140.
- HINTUM, T., TREUREN, R. (2012): Reliability of germination testing of ex situ conserved seeds: A genebank case study on outsourced analyses. *Plant Genetic Resources*, 10 (2): 134-136.
- HINTZE, C., HEYDEL, F., HOPPE, C., CUNZE, S., KÖNIG, A., TACKENBERG, O. (2013): D3: the Dispersal and Diaspore Database - Baseline data and statistics on seed dispersal. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15 (3): 180-192.
- HODKINSON, D.J., ASKEW, A.P., THOMPSON, K., HODGSON, J.G., BAKKER, J.P., BEKKER, R.M. (1998): Ecological correlates of seed size in the British flora. *Functional Ecology*, 12: 762-766.
- HONG, TD., ELLIS, RH. (1996): A protocol to determine seed storage behaviour. IPGRI Technical bulletin No.1. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 56 p.
- HORVÁTH, F., DOBOLYI, Z. K., MORSCHHAUSER, T., LŐKÖS L., KARAS, L., SZERDAHELYI, T. (1995): *FLÓRA adatbázis 1.2 Taxonlista és attribútum-állomány*. Flóra Munkacsoport MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete és MTM Növénytár, Vácrátót, Budapest, p. 252.
- HUNYADI, K., BÉRES, I., KAZINCZI, G. (Szerk.) (2000): *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 525 p., pp. 16-17., 197.,
- ISTA. (2012). *International Rules for Seed Testing*, Bassersdorf: International Seed Testing Association.
- JAYASURIYA, K.M.G.G., WIJETUNGA, A.S.T.B., BASKIN, J.M., BASKIN, C.C. (2010): Recalcitrancy and a new kind of epicotyl dormancy in seeds of the understory tropical rainforest tree *Humboldtia laurifolia* (Fabaceae, Caesalpinioideae). *American Journal of Botany*, 97: 15–26.

- JAYASURIYA, K.M.G.G., WIJETUNGA, A.S.T.B., BASKIN, J.M., BASKIN, C. C. (2013): Seed dormancy and storage behaviour in tropical Fabaceae: A study of 100 species from Sri Lanka. *Seed Science Research*, 23 (4): 257-269.
- KAZINCZI, G., HOFFMANNÉ, P. ZS., NAGY, M. (2013): Egyszikű szántóföldi gyomfajok szabadföldi csírázási ritmusa. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, XIV (1): 12. p.
- KERESZTY, Z., GALÁNTAI, M. (1994): Hazai védett növényfajok ex situ konzervációja. *Botanikai Közlemények*, 81 (2): 141-155.
- KIEHL, K., KIRMER, A., DONATH, T., RASRAN, L., HÖLZEL, N. (2010): Species introduction in restoration projects- Evaluation of different techniques for the establishment of semi natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 11: 285–299.
- KISS, R., VALKÓ, O., TÓTHMÉRÉSZ, B., TÖRÖK, P. (2017): Seed bank research in Central-European grasslands - An overview. In: Murphy, J (ed.) *Seed Banks: Types, Roles and Research* (2017), Nova Science Publishers, 1–34.
- KISS, R., SONKOLY, J., TÖRÖK, P., TÓTHMÉRÉSZ, B., DEÁK, B., TÓTH, K., LUKÁCS, K., GODÓ, L., KELEMEN, A., MIGLÉCZ, T., RADÓCZ, SZ., TÓTH, E., BALOGH, N., VALKÓ, O. (2018): Germination capacity of 75 herbaceous species of the pannonian flora and implications for restoration. *Acta Botanica Hungarica*, 60: 357–368.
- KIRÁLY, G. (szerk.) (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. Ábrák. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, 616 p, 675 p.
- KIRAN BABU, P., RADHAMANI, J.(J), R., ARAVIND, J., TYAGI, R.K. (2018): (2018): Field Performance of 30-year-old Soybean Germplasm Conserved in Indian National Genebank. *Plant Genetic Resources*, 31 (2): 152-163.
- KIVILAAN, A., BANDURSKI, R.S. (1981): The one hundred-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. *American Journal of Botany*, 68 (9): 1290-1292.
- KLEYER, M., BEKKER, R. M., KNEVEL, I. C., BAKKER, J. P., THOMPSON, K., SONNENSCHNEIN, M., POSCHLOD, P., VAN GROENENDAEL, J. M., KLIMES, L., KLIMESOVÁ, J., KLOTZ, S., RUSCH, G. M., HERMY, M., ADRIAENS, D., BOEDELTEJE, G., BOSSUYT, B., DANNEMANN, A., ENDELS, P., GÖTZENBERGER, L., HODGSON, J. G., JACKEL, A.-K., KÜHN, I., KUNZMANN, D., OZINGA, W. A., RÖMERMANN, C., STADLER, M., SCHLEGELMILCH, J., STEENDAM, H. J., TACKENBERG, O., WILMANN, B., CORNELISSEN, J. H. C., ERIKSSON, O., GARNIER, E., PECO, B. (2008): The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of Northwest European flora. – *Journal of Ecology* 96: 1266-1274. Integrant online database is available at: <http://www.unioldenburg.de/en/landeco/research/projects/LEDA> [accessed 25 March 2016]

- KÖVENDI-JAKÓ, A. (2019): Magbeviteli módszerek eredményessége homoki gyepek ökológiai restaurációja során. Doktori értekezés. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 147 p., pp. 43., 70.
- KOZMA, D. (1922): Gyommagvak a talajban. Kísérletügyi Közlemények 25: 244–322. p. In: Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G. (szerk.) (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 525 p., pp. 190-191.
- KRAUTZER, B., GRAISS, W., BLSCHKA, A. (2010): Seed production of site-specific grasses and herbs in Austria. Proceedings of the 7th European Conference on Ecological restoration, Avignon, France, 23–27 August 2010; Society for Ecological Restoration, Washington, DC, USA. 1-4.
- KRICSFALUSY, V., V.-KOMENDAR, V. I. (1990): Ritka növényfajok bioökológiája. Lvov, Cvit. 1155. in KERESZTY, Z., GALÁNTAI, M. (1994): Hazai védett növényfajok ex situ konzervációja. Botanikai Közlemények, 81 (2): 141-155.
- LADOUCEUR, E., JIMENEZ-ALFARO, B., MARIN, M., DE VITIS, M., ABBANDONATO, H., IANNETTA, P.P.M., BONOMI, C., PRITCHARD, H.W., (2017): Native seed supply and the restoration species pool. Conservation Letters, (11) 2: 1-9.
- LEISHMAN, M.R., WESTOBY, M. (1994): THE role of large seed size in shaded conditions: experimental evidence. Functional Ecology, 8: 205-214.
- LI, Q., HILL, J. M. (1989): Seed development and dormancy characteristics in *Lotus corniculatus* L. New Zealand Journal of Agricultural Research, 32 (3): 333-336.
- LIMA, M. DE JR., HONG, T. D., ARRUDA, Y. M. B. C., MENDES, A. M. S., ELLIS, R. H. (2014): Classification of seed storage behaviour of 67 Amazonian tree species. Seed Science and Technology, 42: 363–392.
- LIU, U., BREMAN, E., T.A., COSSU, KENNEY, S. (2018): The conservation value of germplasm stored at the Millennium Seed Bank, Royal Botanic Gardens, Kew, UK. Biodiversity and Conservation, 27 (6) doi:10.1007/s10531-018-1497-y.
- MAGYAR, L. (2013): A gyomnövények csírázásbiológiájával foglalkozó hazai kutatások története. Magyar Gyomkutatás és Technológia, XIV (1): 3 p.
- MÁNDY, GY. (1974): A bő termés biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. IN: SZABÓ, L. GY., (szerk.) (1980): A magbiológia alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 391 p., pp. 306.
- MCDONALD, T., JONSON, J., DIXON, K.W. (2016): National standards for the practice of ecological restoration in Australia. Restoration Ecology, 24: S4–S32.
- MERRITT, D., SENARATNA, T., TOUCHELL, D., DIXON, K., SIVASITHAMPARAM, K. (2003): Seed ageing of four Western Australian species in relation to storage environment and seed antioxidant activity. Seed Science Research, 13(2): 155-165.

- MERRITT, D. J., DIXON, K.W. (2011): Restoration seed banks – a matter of scale. *Science*, 332: 424-425.
- MIHÁLY, B., BOTTA-DUKÁT, Z. (2004): Biológiai inváziók Magyarországon - Özönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 9., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 408 p., pp. 123.
- MILBERG, P., ANDERSSON, L., ELFVERSON, C., REGNÉR, S. (1996): Germination characteristics of seeds differing in seed mass. *Seed Science Research*, 6: 191-197.
- MOLES, A.T., HODSON, D.W., WEBB, C.J. (2000): Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *Oikos*, 89: 541-545.
- MOLES, A.T., FALSTER, S.D., LEISHMAN, M.R., WESTOBY, M. (2004): Small-seeded species produce more seeds per square metre of canopy per year, but not per individual per lifetime. *Journal of Ecology*, 92: 384-396.
- MOUNCE, R., SMITH, P., BROCKINGTON, S. (2017): Ex situ conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*, 3 (10): 795-802.
- MOYO, R., NDLOVU, E., MOYO, N., KUDITA, S., MAPHOSA, M. (2015): Physiological parameters of seed vigour in ex situ stored sorghum germplasm. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 6 (6): 31-38.
- MURDOCH, A. J., ELLIS, R., H. (2000): Dormancy, viability and longevity. In: FENNER, M. (ed.) (2000): *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publishing, Wallingford. 373 p., pp. 193-231.
- NAGEL, M., BÖRNER, A. (2010): The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. *Seed Science Research*, 20 (1): 1 - 12.
- NÉMETH, A., MAKRA, O., BALOGH, L., SZATMÁRI, M., KOTYMÁN, L., SALLAINÉ KAPOCSI, J. (2014): Löszpusztagyepi növényfajok propagulumainak terepi gyűjtése, ex situ szaporítása és kitelepítése a Kőrös-Maros Nemzeti Park felhagyott szántóterületeire. *Crisicum*, 8: 45-76.
- NÖSBERGER, J., RODRIGUEZ, M. (1996): Increasing biodiversity through management. *Grassland Science in Europe* 1: 949-956.
- NYÁRÁDI-SZABADY, J., DÁNOS, B., BERNÁTH, J. (1992): Data concerning the germination biology of *Salvia* species native in Hungary. *Acta Horticulturae*, 306: 313-318.
- O'DONNELL, K., SHARROCK, S. (2015): Seed Banking Botanic Gardens: Can botanic gardens achieve GSPC Target 8 by 2020? *BGjournal*, 12 (1): 3-8.
- O'DONNELL, K., SHARROCK, S. (2017): The contribution of botanic gardens to ex situ conservation through seed banking. *Plant Diversity*, 39: 373-378.

- OLIVEIRA, G., NUNES, A., CLEMENTE, A., CORREIA, O. (2012): Testing germination of species for hydroseeding degraded Mediterranean areas. *Restoration Ecology*, 20: 623–630.
- PECO, B., TRABA, J., LEVASSOR, C., SÁNCHEZ, A.M., AZCÁRATE, F. (2003): Seed size, shape and persistence in dry Mediterranean grass and shrublands. *Seed Science Research*, 13: 87-95.
- PÉREZ-GARCÍA, F., GÓMEZ-CAMPO, C., ELLIS, R.H. (2009): Successful long-term ultra dry storage of seed of 15 species of Brassicaceae in a genebank: variation in ability to germinate over 40 years and dormancy. *Seed Science and Technology*, 37: 640–649.
- PETI, E., MÁLNÁSI CSIZMADIA, G., OLÁH, I., SCHELLENBERGER, J., TÖRÖK, K., HALÁSZ, K., BAKTAY, B. (2015): Seed collecting and storing results and preliminary seed viability results and methods of Pannon Seed Bank project (2010-2014). *Természetvédelmi Közlemények*, 21: 215-231.
- PETI, E., SCHELLENBERGER, J., NÉMETH, G., MÁLNÁSI CSIZMADIA, G., OLÁH, I., TÖRÖK, K., CZÓBEL, SZ. ÉS BAKTAY, B. (2017): Presentation of the HUSEEDwild –a seed weight and germination database of the Pannonian flora –through analysing life forms and social behaviour types. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15: 225–244.
- PROBERT, R. J. (2003): Seed viability under ambient conditions, and the importance of drying. In: *Seed conservation turning science into practice*. In: SMITH, R.D., DICKIE, J. B., LININGTON, S. H., PRITCHARD, H.W., PROBERT, R.J. (eds.) (2000): *Seed conservation: turning science into practice*. London: Royal Botanic Gardens, Kew, p. 1046., pp. 337-365.
- PROBERT, R. J., DAWS, I. D., HAY F. R. (2009): Ecological correlates of ex situ seed longevity: a comparative study on 195 species. *Annals of Botany*, 104: 57-69.
- RADVÁNSZKY A., ZSIGMOND V. (szerk.) (2010): *A Növényvilág Megőrzésének Világstratégiája*. MABOSZ, Budapest, p. 24.
- RAO, N. K., HANSON, J., DULLOO, M. E., GHOSH, K., NOVELL, D., LARINDE, M. (2006): *Manual of seed handling in genebanks*. Handbooks for genebanks No. 8. Bioersivity International, Rome, p. 47., pp. 20-28.
- RBGK (2016): *Seed Information Database (SID) 7.1*. [online database] Royal Botanic Gardens, Kew (RBGK). <http://data.kew.org/sid/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: seed information database. Utolsó lekérdezés időpontja: 2020.10.29.
- ROBERTS, E. H. (1973): Predicting the storage life of seeds. *Seed science and technology*, 1: 499-514.
- RUIZ, M., MARTIN, I., DE LA CUADRA, C. (1999): Cereal seed viability after 10 years of storage in active and base germplasm collections. *Field Crops Research*, 64 (3:) 229-236.

- SCHERMANN, SZ. (1966): *Magismeret I. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 861.*
- SCHWIENBACHER, E., MARCANTE, S. és ERSCHBAMER, B. (2010): Alpine species seed longevity in the soil in relation to seed size and shape – A 5-year burial experiment in the Central Alps. *Flora - Morphology Distribution Functional Ecology of Plants*, 205 (1): 19-25.
- SHARROCK, S., HOFT, R., FERREIRA DE SOUZA DIAS, B. (2018): An overview of recent progress in the implementation of the Global Strategy for Plant Conservation - a global perspective. *Rodriguésia*, 69 (4): 1489-1511.
- SHIPLEY, B., DION, J. (1992): The allometry of seed production in herbaceous angiosperms. *The American Naturalist*, 139: 467-483.
- SHOEN, D. J., BROWN, H. D. A. (2001): The conservation of wild plant species in seed banks. *BioScience*, 51 (11): 960-966.
- SIMMONS, J. B. (ed) 1976: Conservation of threatened plants. - NATO Conf. Ser. I. Ecol. I. - New York, Plenum Press, pp. 336. in KERESZTY, Z., GALÁNTAI, M. (1994): Hazai védett növényfajok ex situ konzervációja. *Botanikai Közlemények* 81 (2): 141-155.
- SIMON T. (1988): A hazai edényes flóra természetvédelmi értékének becslése. *Abstracta Botanica*, (12): 1–23.
- SIMON T. (1992): A magyarországi edényes flóra határozója; Harasztok-virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 976 p.
- SMITH, R. D., DICKIE, J. B., LININGTON, S. H., PRITCHARD, H. W., PROBERT, R. J. (eds.) (2003): *Seed Conservation: Turning Science Into Practice*. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 1023 p. 981-992. p.
- SMITH, P., DICKIE, J., LININGTON, S., PROBERT, R., WAY, M. (2011): Making the case for plant diversity. *Seed Science Research*, 21 (1): 1 - 4.
- SOLYMOSI P. (1981): *Amaranthus* és *Chenopodium* fajok, valamint rezisztens típusaik csírázásának dinamikája. *Növényvédelem*, 17 (3): 114–120. *Magyar gyomkutatás és technológia* (2013), XIV (1): 60 p., pp. 3-9
- SONKOLY, J., Molnár, V. A., TÖRÖK, P. (2014): A növényi magtömeg-variabilitás ökológiai háttere és jelentősége. *Kitaibelia*, 19 (2): 295-330.
- SPREAFICO, L. (1965): Injured seed germination and abnormal seedlings in wheat. Preprint. 14th ISTA Congress. München. In: SZABÓ, L. GY., (szerk.) (1980): *A magbiológia alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 392 p., pp. 307.
- STAHL, C. (1931): Comparative experiments between the laboratory and the field germination of seed. *Proc. Int. Seed Test. Ass.* 5. IN: SZABÓ, L. GY., (szerk.) (1980): *A magbiológia alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 392 p., pp. 306.

- STANDOVÁR, T., PRIMACK, R. B., (2001): A természetvédelmi biológia alapjai. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó. p. 542.
- STROH, P. A., HUGHES, F. M. R., SPARS, T. H. AND MOUNTFORD, J. O. (2012): The influence of time on the soil seed bank and vegetation across a landscape-scale wetland restoration project. *Restoration Ecology*, 20: 103-112.
- SUSKO, D. J., LOVETT-DOUST, L. (2000): Patterns of seed mass variation and their effects on seedling traits in *Alliaria petiolata* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 87: 56–66.
- SZABÓ, L. GY., (szerk.) (1980): A magbiológia alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 392 p., pp. 96–140., 350-357.
- SZEKERES, F. (1976): A fény, a hőmérséklet és a talajtakarás hatása a nagy széltippan (*Apera spica-venti* L. P. B.) szemtermések csírázása. *Növénytermelés*, 25 (1): 43–50. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, XIV (1): 3.
- TAMÁS, J.: 2020: Magyarországon vadon előforduló lednek (*Lathyrus*) és bükköny (*Vicia*) fajok keményhéjúságának és csírázókéességének vizsgálata. *Botanikai Közlemények*, 107 (2): 163-176.
- THOMPSON, K., BAKKER, J. P., BEKKER, R. M. (1997): The soil seed banks of North West Europe: Methodology, density and longevity. Cambridge, Cambridge University Press, 277 p., pp. 1-21.
- THOMPSON, K., GRIME, J. P. (1979): Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 67: 893-921.
- THOMPSON, K. (1992): The functional ecology of seed banks. In: Fenner, M. (ed.): *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. Redwood Books, Trowbridge, UK, pp. 231-257.
- THOMPSON, K. (1993): Seed persistence in soil. In: HENDRY, G. A. F., GRIME, J. P. (eds.): *Methods in comparative plant ecology*. Chapman and Hall, London, 252 p., pp. 199–202.
- THOMPSON, K. (2000): The functional ecology of soil seed banks. In: FENNER, M. (ed.) 2000: *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publishing, Wallingford, 373 p., pp. 215–235.
- THOMPSON, K., JALILI, A., HODGSON, J.G., HAMZEH'EE, B., ASRI, Y., SHAW, S., SHIRVANY, A., YAZDANI, S., KHOSHNEVIS, M., ZARRINKAMAR, F., GHAHRAMANI, M.-A., SAFAVI, R. (2001): Seed size, shape and persistence in the soil in an Iranian flora. *Seed Science Research*, 11: 345-355.
- TISCHEW, S., YOUTIE, B., KIRMER, A., SHAW, N. (2011): Farming for restoration: building bridges for native seeds. *Ecological Restoration*, 29 (3): 219–222.

- TÖRÖK, P., VIDA, E., DEÁK, B., LENGYEL, S., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2011): Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodiversity and Conservation*, 20: 2311–2332.
- TÖRÖK, K., SZILÁGYI, K., HALÁSZ, K., ZSIGMOND, V., KÓSA, G., RÉDEI, T., PETI, E., SCHELLENBERGER, J., TÓTH, Z., SZITÁR, K. (2016): Seed collection data encompassing half of the vascular flora of the Pannonian ecoregion stored by the Pannon Seed Bank. *Acta Botanica Hungarica*, 58(3-4): 435-445.
- TWEDDLE, J.C., DICKIE, J.B., BASKIN, C. C., BASKIN, J.M. (2003): Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*, 91: 294–304.
- UJVÁROSI, M. (1973a): Gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 288 p., pp. 39.-43.
- UJVÁROSI, M. (1973b): Gyomnövények. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 833. p.
- VALKÓ, O., DEÁK, B., TÖRÖK, P., KIRMER, A., TISCHEW, S., KELEMEN, A., TÓTH, K., MIGLÉCZ, T., RADÓCZ, S., SONKOLY, J., TÓTH, E., KISS, R., KAPOCSI, I., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2016): High-diversity sowing in establishment gaps: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia*, 36: 359–378.
- VAN TREUREN, R., DE GROOT, E. C., VAN HINTUM, T. J. L. (2013): Preservation of seed viability during 25 years of storage under standard genebank conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(4): 1407-1421.
- VERTUCCI, C.W., ROOS, E.E. (1990): Theoretical basis of protocols for seed storage. *Plant Physiology*, 94: 1019–1023.
- VIRÁGH, K., GERENCSÉR, L. (1988): Seed bank in the soil and its role during secondary successions induced by some herbicides in a perennial grassland community. *Acta Botanica Hungarica*, 34: 77–121.
- VITT, P., HAVENS, K., (2004): Integrating quantitative genetics into ex situ conservation and restoration practices. In: GUERRANT, E.O., HAVENS, K., MAUNDER, M. (Eds.): *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*. Washington DC, Island Press, 286–304.
- WALCK, J., HIDAYATI, S. DIXON, K., THOMPSON, K., POSCHLOD, P. (2011): Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology*, 17 (6): 2145 - 2161.
- WALSH, D. G. F, WALDREN, S., MARTIN, J. (2003): Monitoring seed viability of fifteen species after storage in the Irish Threatened Plant Genebank. *Biology and Environment-proceedings of The Royal Irish Academy*, 103 (2): 59-67.
- WALTERS, C. (1998): Ultra-dry technology: perspective from the National Seed Storage Laboratory, USA. *Seed science research*, 8 (suppl. 1): 11-14.

- WALTERS, C., ENGELS, J. (1998): The effects of storing seeds under extremely dry conditions. *Seed Science Research*, 8: 3-8.
- WALTERS, C. (2003): Optimising seed banking procedures. In: SMITH, R.D., DICKIE, J. B., LININGTON, S. H., PRITCHARD, H.W., PROBERT, R.J. (eds.) (2000): *Seed conservation: turning science into practice*. London: Royal Botanic Gardens, Kew, 723-743 p.
- WALTERS, C., WHEELER, LM., GROTENHUIS, JM. (2005): Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. *Seed Science Research*, 15: 1–20.
- WANG, N., JIAO, J.Y., JIA, Y.F., BAI, W.J. AND ZHANG, Z.G. (2010): Germinable soil seed banks and the restoration potential of abandoned cropland on the Chinese hilly-gullied loess plateau. *Environmental Management*, 46: 367-377.
- WILLEMS, J.H., HUIJSMANS, K.G.A. (1994): Vertical seed dispersal by earthworms: a quantitative approach. *Ecography*, 17: 124-130.
- WINN, A. A. (1985): Effects of seed size and microsite on seedling emergence of *Prunella vulgaris* in four habitats. *Journal of Ecology*, 73: 831–840.
- WOODSTOCK, L. W. (1969): Seedling growth as a measure of seed vigour. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 34: 273-280.
- WYSE, S. V., DICKIE, J. B. (2016): Predicting the global incidence of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*, 105 (4): 1082-1093.
- ZHENG, G., JING, X., TAO, K. (1998): Ultradry seed storage cuts cost of gene bank. *Nature*, 393 (6682): 223–224.
- ZHAO, L.-P., WU, G.-L., CHENG, J.-M. (2011): Seed mass and shape are related to persistence in a sandy soil in northern China. *Seed Science Research*, 21: 47-53.
- ZSIGMOND, V. (szerk.) (2011): *Maggyűjtési Útmutató. – Kézirat*, 16 p. http://http://botkert.hu/sites/botkert.hu/files/PMB_Maggyujtesi-utmutato.pdf
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: maggyűjtési útmutató. Lekérdezés időpontja: 2020.10.30.

Internetes források

- http1: <https://www.kew.org/science/collections/seed-collection/about-millennium-seed-bank>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: seed collection about millenium seedbank. Lekérdezés időpontja: 2020.10.15.
- http2: <https://www.cbd.int/gspc/targets.shtml>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: global strategy for plant conservation targets. Lekérdezés időpontja: 2020.10.30.
- http3: <http://dzn.eldoc.ub.rug.nl/>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: digital seed atlas. Lekérdezés időpontja: 2019.01.19.

http4: <http://www.pannonmagbank.hu/pmbmagyar/wp-content/uploads/2016/10/PMBmagtarolasiprotokollprogressreportbaSCH2015.pdf>.
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Pannon Magbank magtárolási protokoll.
Lekérdezés időpontja: 2019.01.19.

M2. További melléletek

1. melléklet: A szabadföldi kiültetések idejének napi hőmérséklet és csapadék adatai a tápiószelei vizsgálati területen

Dátum	Léghőmérséklet	Léghőmérséklet maximum	Léghőmérséklet minimum	Felszíni hőmérséklet	Relatív nedvesség (%)	Csapadék mennyiség (mm)	Talaj hőmérséklet
2015.08.01	19,7	30,4	7,9	20,1	57,8	0,0	20,1
2015.08.02	21,0	30,0	11,7	21,1	73,5	3,0	20,8
2015.08.03	22,6	29,6	17,9	23,0	81,8	14,4	22,3
2015.08.04	25,0	34,1	16,5	24,9	71,9	0,0	23,2
2015.08.05	24,6	34,4	17,9	24,6	74,7	0,0	23,8
2015.08.06	26,5	36,4	16,7	25,7	65,1	0,0	23,9
2015.08.07	26,4	36,2	18,5	25,8	64,6	0,0	24,4
2015.08.08	26,8	37,0	17,4	26,1	60,3	0,0	24,5
2015.08.09	26,4	36,6	17,7	25,6	57,3	0,0	24,4
2015.08.10	25,8	35,9	15,8	25,1	54,8	0,0	24,2
2015.08.11	25,9	37,7	14,9	24,9	51,5	0,0	23,9
2015.08.12	27,5	39,1	15,3	26,3	49,4	0,0	24,1
2015.08.13	27,0	38,0	17,5	26,4	55,6	0,0	24,6
2015.08.14	27,7	36,6	18,4	26,5	49,6	0,0	24,7
2015.08.15	27,2	37,5	19,7	26,4	52,5	0,0	24,7
2015.08.16	24,7	31,8	19,9	24,1	68,2	9,4	24,3
2015.08.17	21,7	27,8	19,1	22,4	88,4	4,9	23,9
2015.08.18	19,2	24,9	16,8	20,2	93,0	2,9	23,0
2015.08.19	17,9	19,6	16,4	18,7	95,4	1,8	21,7
2015.08.20	16,4	17,3	14,9	16,5	85,8	4,1	20,1
2015.08.21	18,0	22,7	13,9	18,7	73,5	0,1	20,0

2015.08.22	17,0	21,2	14,4	17,8	88,0	16,5	19,9
2015.08.23	18,6	26,1	13,7	19,1	80,9	0,0	20,5
2015.08.24	20,4	28,4	11,9	20,2	74,2	0,0	20,5
2015.08.25	21,1	27,1	15,3	20,6	74,9	0,1	21,2
2015.08.26	21,0	29,4	14,7	21,3	71,5	0,0	21,8
2015.08.27	22,3	31,7	13,1	22,1	72,3	0,0	22,0
2015.08.28	24,3	34,4	15,2	23,7	72,2	0,0	22,7
2015.08.29	25,6	36,5	15,8	24,7	66,1	0,0	23,1
2015.08.30	25,7	36,7	16,5	24,9	67,8	0,0	23,6
2015.08.31	26,0	36,8	16,2	25,0	65,4	0,0	23,7
2015.09.01	26,0	36,0	16,9	24,5	58,0	0,0	23,7
2015.09.02	23,6	32,2	15,6	22,9	62,2	0,0	23,2
2015.09.03	22,3	31,2	13,7	22,3	67,8	0,0	22,8
2015.09.04	20,1	27,6	15,6	19,9	72,4	0,1	22,1
2015.09.05	16,6	18,8	15,1	17,0	90,3	15,3	20,6
2015.09.06	16,0	21,8	10,9	15,9	64,0	0,4	19,7
2015.09.07	14,6	21,0	8,0	14,4	59,8	0,0	18,1
2015.09.08	12,7	20,8	6,1	12,6	70,6	0,0	17,2
2015.09.09	13,0	22,8	3,6	12,8	67,6	0,0	16,6
2015.09.10	12,2	15,0	6,5	12,2	90,2	4,1	15,8
2015.09.11	14,5	16,5	13,2	15,0	97,9	4,2	16,6
2015.09.12	16,2	22,5	9,2	15,9	84,1	0,0	17,5
2015.09.13	15,8	24,6	7,3	15,5	79,6	0,0	17,1
2015.09.14	20,3	27,8	11,4	19,4	69,1	0,0	17,9
2015.09.15	22,6	30,1	17,1	21,6	67,0	0,0	19,7
2015.09.16	23,8	30,9	16,2	22,2	65,1	0,0	20,3

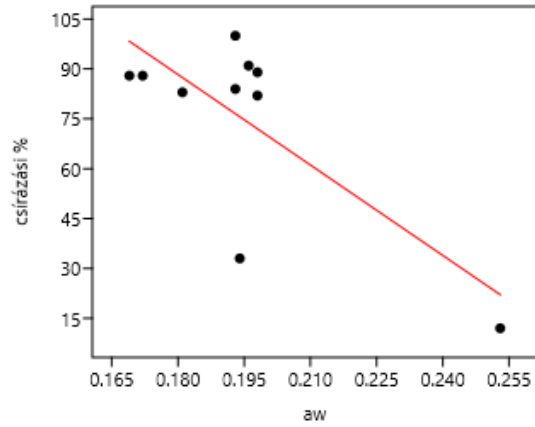
2015.09.17	25,2	34,0	19,1	23,0	61,8	0,0	20,8
2015.09.18	24,5	34,0	15,4	22,2	60,5	0,0	20,8
2015.09.19	24,1	32,5	15,4	22,6	90,3	3,5	20,8
2015.09.20	23,4	31,8	15,4	23,4	89,2	0,7	20,7
2015.09.21	24,0	31,5	15,2	24,0	78,2	0,0	20,5
2015.09.22	23,6	30,5	15,4	23,1	76,3	0,0	20,3
2015.09.23	23,0	30,1	15,7	23,0	71,2	0,0	20,0
2015.09.24	22,4	29,9	15,4	21,4	65,1	0,0	19,5
2015.09.25	17,2	19,2	15,8	17,1	95,7	18,6	18,6
2015.09.26	14,3	15,9	13,2	15,0	99,0	21,5	17,7
2015.09.27	14,7	19,2	11,7	15,2	76,1	0,0	17,5
2015.09.28	13,6	16,5	12,4	13,1	62,6	1,4	16,3
2015.09.29	13,7	17,9	8,8	13,4	61,5	0,0	15,8
2015.09.30	11,9	15,7	7,8	11,5	59,2	0,0	15,0

2. melléklet: Szabadföldi kísérlet elrendezése

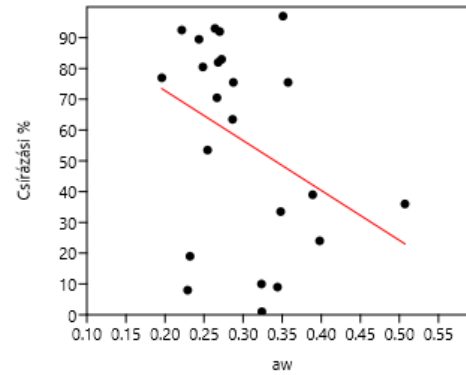
IX.	Anth.vul.80	Anth.vul.80		Anth.vul.167	Anth.vul.167	Gyps.pan.102	Gyps.pan.102		Gyps.pan.96	Gyps.pan.96	Oxy.pil.848	Oxy.pil.848	Oxy.pil.1343	Oxy.pil.1343	Cor.vag.1051	Cor.vag.1051					Phl.tub.917	Phl.tub.917		
	0°C	-20°C		0°C	-20°C	0°C	-20°C		0°C	-20°C	0°C	-20°C	0°C	-20°C	0°C	-20°C						0°C	-20°C	
	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
VIII.	Men.long161	Men.long161		Men.long421	Men.long421			Gyps.ar.1101	Gyps.ar.1101	Gyps.ar.1374	Gyps.ar.1374			Diant.ser.425	Diant.ser.425			Dian.ser1607	Fest.ar.383	Fest.ar.383	Fest.ar.356	Fest.ar.356		
	0°C	-20°C		0°C	-20°C			0°C	-20°C	0°C	-20°C			0°C	-20°C			friss	0°C	-20°C	0°C	-20°C		
	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176		
VII.	Prun.vulg.100	Prun.vulg.100	Prun.vulg.109	Prun.vulg.109					Lot.corn.685	Lot.corn.685	Lot.corn.402	Lot.corn.402			Brom.in.69	Brom.in.69	Brom.in.68	Brom.in.68				Pod.can.345	Pod.can.345	
	0°C	-20°C	0°C	-20°C					0°C	-20°C	0°C	-20°C			0°C	-20°C	-20°C	0°C				0°C	-20°C	
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154		
VI.	Mel.trans.52	Mel.trans.52	Mel.trans.67	Mel.trans.67						Salv.nem.57	Salv.nem.57	Salv.nem.11	Salv.nem.11								Aster.trip.154	Aster.trip.154	Aster.trip.472	Aster.trip.472
	0°C	-20°C	0°C	-20°C						0°C	-20°C	0°C	-20°C								0°C	-20°C	0°C	-20°C
	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132		
V.																						Pod.can.558	Pod.can.558	
																						0°C	-20°C	
	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110		
IV.																								
	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88		
III.									Trag.dub.627	Trag.dub.627	Trag.dub.53	Trag.dub.53												
									0°C	-20°C	0°C	-20°C												
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66		
II.	Mel.off.72	Mel.off.72	Mel.off.86	Mel.off.86											Hol.umb.590	Hol.umb.590	Hol.umb.596	Hol.umb.596		Styp.bor.625	Styp.bor.625			
	0°C	-20°C	0°C	-20°C											0°C	-20°C	0°C	-20°C		0°C	-20°C			
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44		
I.	Cir.brac1052	Cir.brac1052				Cir.brac1456				Sil.alba.95	Sil.alba.95	Sil.alba.337	Sil.alba.337											
	0°C	-20°C				0°C				0°C	-20°C	0°C	-20°C											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		

16,8 m

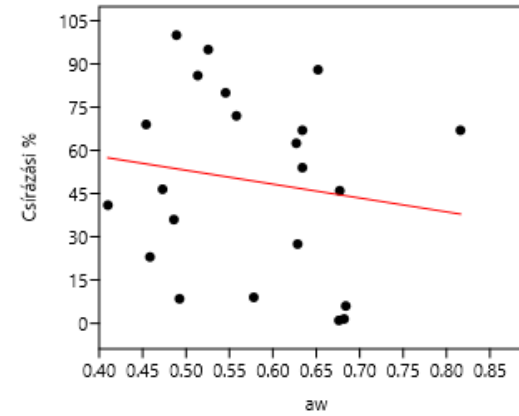
3. melléklet: A csírázási és aw értékek szóródási diagramja



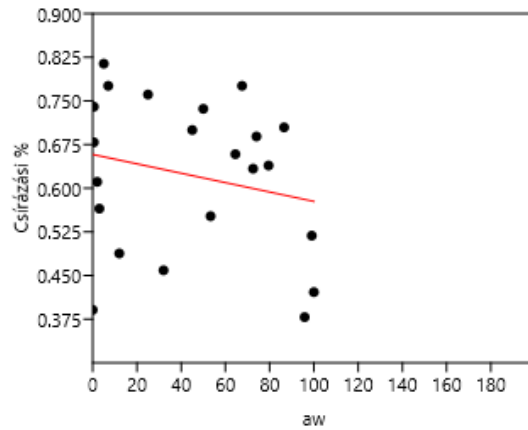
a) tárolás előtt



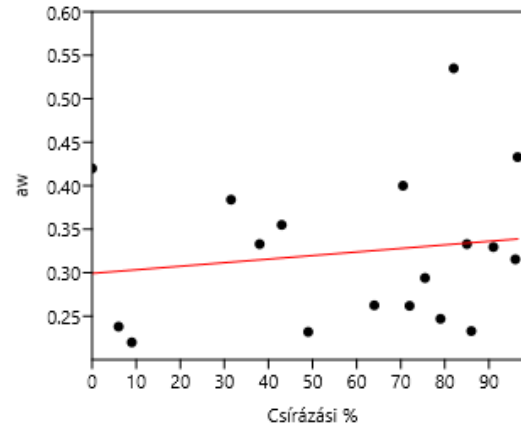
b) 2015, 0 °C-os tárolás



c) 2015, -20 °C-os tárolás



d) 2016, 0 °C-os tárolás



e) 2016, -20 °C-os tárolás

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni közulenseim Dr. Surányi Dezső és Dr. Gyula Ferenc felé iránymutatásukért, segítségükért, türelmükért.

A terepi- és laboratóriumi munkában nyújtott közreműködésért köszönet illeti a Nemzeti Biodiverzitás és Génmegőrzési Központ munkatársait (különös tekintettel a Pannon Magbank projektben résztvevőkre), valamint igazgatóját, hogy lehetővé tette a kutatásaim elvégzését.

Külön köszönöm Horváthné Dr. Kovács Bernadettnek a statisztikai elemzések elvégzésében nyújtott segítségét.

Végezetül szeretném megköszönni Dr. Nádosy Ferencnek a dolgozat elkészítésében nyújtott támogatását.

