



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. november 22.

Az apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*) ex situ szaporodásbiológiai vizsgálata

Ex situ investigation of the reproductive biology of *Sternbergia colchiciflora*

Készítette: **Bognár Emese Anna**
CNA8Z3
Kertészmérnök, Bsc
Nappali
Georgikon Campus

Témavezetők: dr. Bódis Judit, egyetemi docens
Pacsai Bálint PhD hallgató, egyetemi tanársegéd
MATE, Georgikon Campus, Vadgazdálkodási és
Természetvédelmi Intézet, Természetvédelmi Biológia Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrár

Készthely
2023

Tartalom

A dolgozatban használt rövidítések	2
1. Bevezetés és célkitűzés.....	3
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. Az ex situ vizsgálatok jelentősége.....	5
2.2. A csírázás biológiája, magnyugalmi típusok	5
2.3. Elaioszóma és myrmecochoria a növényvilágban.....	6
2.4. Az apró vetővirág (<i>Sternbergia colchiciflora</i>) jellemzése	7
3. Anyag és módszer	13
3.1. Az ex situ kísérlet beállítása és az első virágzási periódus	13
3.2. Saját vizsgálatok	14
3.2.1. Virágzásbiológiai megfigyelések	14
3.2.2. Az ex situ csíráztatási kísérlet beállítása.....	14
3.2.3. Adatelemzés.....	16
4. Vizsgálati eredmények és értékelésük	17
4.1. A mért adatok és értékelésük	17
4.2. Összefüggés vizsgálatok	24
4.3. Az ex situ csíráztatás eredményei és értékelésük	30
5. Összefoglalás.....	35
6. Köszönetnyilvánítás.....	38
7. Felhasznált források jegyzéke	39
Internetes források:	42
Melléklet	43

A dolgozatban használt rövidítések

P: a legnagyobb hagymaméret kategória, a hagyma átlagos átmérője a 2020-as ültetéskor 13,56 mm

S: a legnagyobb (piros) után következő, közepes méretű hagymaméret kategória, a hagyma átlagos átmérője a 2020-as ültetéskor 12,23 mm

Z: a sárga jelölésűnél kisebb, közepes hagymaméret kategória, a hagymák átlagos átmérője a 2020-as ültetéskor 11,3 mm

K: a legkisebb hagymaméret kategória, a hagymák átlagos átmérője a 2020-as ültetéskor 9,46 mm

KV: rögtön vetett, szabadföldi kontroll

KT: szobahőmérsékleten tárolt kontroll

A: áztatott

Sc: szkarifikált

ScA: szkarifikált és áztatott

1. Bevezetés és célkitűzés

Kertészmérnök hallgatóként nagy érdeklődéssel figyeltem a veszélyeztetett növényekről szóló információkat az egyetemi előadások során. Már rögtön az első félévben elhatároztam, hogy egy védett növényvel kapcsolatban szeretnék én is kutatásokat végezni. A második félévben lehetőségem nyílt bekapcsolódni a Georgikon Campuson folyó mocsári kockásliliom, kakasmandikó és apró vetővirág terepi populációbiológiai vizsgálataiba – melyekben azóta is aktívan részt veszek. Ezzel párhuzamosan a saját kutatási témám is elkezdett körvonalazódni. A kutatások során jó rálátásom nyílt a természetvédelem tényleges feladataira, a veszélyeztetett növényfajok megóvására tett intézkedések során jelentkező nehézségekre és nem utolsósorban a fajmegőrzés fontosságára több szempontból is.

Az utóbbi években egyre nagyobb jelentőséget kapnak azon ritka, védett, veszélyeztetett növényfajok biológiájának, életmenetének tanulmányozása és megismerése, melyeket természetvédelmi, gyógyászati és kertészeti szempontból is jól lehet hasznosítani. A kertészeti felhasználásnál a klímaváltozás miatt a szárazságtűrő-képesség egyre inkább felértékelődik. Az apró vetővirág épp ezért jó választás lehet a jövőben kertészeti célú nemesítéseknél, hiszen a klímaváltozás egyik lehetséges nyertese szárazságtűrése miatt, és őshonos növény lévén a hazai klímához való alkalmazkodásával sincs gondja.

A Georgikon Botanikus Kertben 2020 óta nevelnek apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*) növényeket ládákban virágzástani és terméshezási kísérletek végzése érdekében. A 2020-21-es vegetációs periódus adataiból eddig már két szakdolgozat készült (HAJDU, 2021; SZABÓ, 2021). Én 2021. őszén kapcsolódtam be a *Sternbergia colchiciflora* tanszéken folyó ex situ vizsgálatába. Első feladatomban a virágok megjelenésének és a talajhőmérsékletnek a napi szintű feljegyzése volt, továbbá a levelek számának és hosszának heti rendszerességgű, a terméskocsányok megnyúlásának napi szintű feljegyzése, a termésérés és a tokok felrepedését követően a termések begyűjtése. Az első vegetációs periódust követően az ex situ növények termései lehetőséget teremtettek csírázásbiológiai vizsgálatokra is, melyek további értékes információkat nyújthatnak a faj biológiájával kapcsolatosan.

Munkám során több hipotézist is teszteltem. A rendszeres adatgyűjtés következtében jelenleg már három vegetációs periódus eredményei alapján tudjuk megkísérelni, hogy hipotéziseinket igazoljuk vagy cáfoljuk:

1. hipotézis: feltételeztük, hogy az őszi csapadékmennyiségnek hatása van a felszín felett megjelenő virágok számára és azok megjelenési idejére.

2. hipotézis: feltételeztük, hogy a talajhőmérséklet befolyásolja a virágzást: alacsonyabb talajhőmérséklet esetén a virágzás elhúzódik, míg magasabb hőmérsékletnél a virágzási stádiumok felgyorsulnak.

3. hipotézis: az volt a feltevésünk, hogy a vegetatív egyedek levelei hamarabb jelennek meg, mint a virágzóké.

4. hipotézis: azt feltételeztük, hogy a vegetatív egyedek arányosan több levelet hoznak a következő vegetációs periódusban, mint a virágzók.

Mindezek mellett a faj reprodukciójának jobb megismerésének érdekében elkezdett csíráztatási kísérletem elsődleges célja az volt, hogy meghatározzam a Magyarországról származó apró vetővirág magok csírázásának sajátosságait. A fajra jellemző magnyugalom típusának megállapítása érdekében kezelésekkkel kombinált magvetéseket végeztem.

A csíráztatási kísérlet kezdetén két hipotézist fogalmaztunk meg:

1. csíráztatási hipotézis: azt feltételeztük, hogy a magok valószínűsíthetően endogén morfológiai magnyugalommal rendelkeznek és ennek megfelelően a magok nyár végén - ősszel fognak csírázni, egy hűvösebb és csapadékos periódus után.

2. csíráztatási hipotézis: a dormancia feloldását felgyorsíthatja a szkarifikáció.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Az ex situ vizsgálatok jelentősége

Az emberi tevékenységek következtében a biodiverzitás mértéke számos élőhelyen, számos tekintetben napjainkra jelentősen lecsökkent és folyamatosan csökkenő tendenciát mutat. A természetes fajkészlet megóvása, a jelenlegi tendencia lelassítása, esetleges visszafordítása éppen ezért kulcsfontosságú kérdéssé lépett elő, így jogi szabályozása is szükségessé vált, megalkotva a természetvédelem alapját számos országban. A jogi alapok a fajok egyedi védelmével, valamint a fajok élőhelyeinek védelmével próbálják a veszélyeztetett fajok fennmaradását biztosítani.

Az ex situ vizsgálatok elsődlegesen a veszélyeztetett, kipusztulás szélén álló fajok természetvédelmi célú megőrzését, szaporítását szolgálják. Feladatai közé tartozik „a veszélyeztetett növényi örökítőanyag (germplasm) megmentése, élő növények, illetve növényi részek begyűjtése ex situ célú, zártkerti, illetve zárttéri szabályozott körülmények közötti megőrzésre (magbank, szövetbank, stb.), növényi anyag biztosítása a természetes állomány gyűjtés általi veszélyeztetettségének csökkentésére, megszüntetésére, növényi élő anyag biztosítása alap- és alkalmazott kutatásokhoz, pl. természetvédelem, biológia (genetika, ökofiziológia, fenológia, rendszertan, stb.), farmakognózia, élő növények biztosítása természetvédelmi célú oktatáshoz, neveléshez, bemutatáshoz, visszatelepítésre alkalmas növényállomány előállítására, meglévő populációk megerősítésére, élőhelyek helyreállítására, illetve fenntartásához” (HÖHN et al., 2020).

Az ex situ megőrzés legfőbb létesítményei a botanikus kertek és az arborétumok. Ezen intézmények feladata a biológiai sokszínűség bemutatása megfelelően dokumentált élő növénygyűjteményeken keresztül, valamint ezek hosszú távú fenntartása és fejlesztése. A természetben megfogyatkozott vagy kipusztult fajok visszatelepítésére ex situ állományokból van lehetőség. Ex situ megőrzés módjai közé tartozik a magbank, a krioprezerváció, a szövetkultúra, a szövettenyészet, a szabadföldi génbank, fenntartás bemutató- és/vagy referencia gyűjteményekben, termesztés szabályozott környezetben, illetve kijelölt konzervációs egységekben (HÖHN et al., 2020).

2.2. A csírázás biológiája, magnyugalmi típusok

A csírázás az a folyamat, amikor a generatív úton létrejött szaporítóanyagból (mag) egy új növény fejlődik. A csírázás végbemehet egyszerűen, a magok talajba/talajra jutását követően azonnal, illetve késleltetve, jellemzően valamilyen jellegű magnyugalom megszűnése után. A

magnyugalomnak két nagy csoportját különböztetjük meg: az exogént és az endogént (BASKIN & BASKIN, 2014).

Az exogén dormanciánál külső tényezők gátolják a csírázást. Típusát tekintve három lehet:

1. fizikai: a maghéj olyan anyagokat tartalmaz, amik nem engedik át a vizet, ezáltal a mag nem tud megduzzadni; a magnyugalom ezen típusát úgy lehet feloldani, ha eltávolítjuk a maghéjat.
2. kémiai: a maghéj olyan gátló kémiai anyagokat tartalmaz, amik megakadályozzák, hogy a mag kicsírázzon; megszüntetni áztatással (kiáznak a kémiai inhibitorok a héjból) vagy különböző reagensekkel lehet (pl. az inhibitorok oxidációja).
3. mechanikai: a mag kemény struktúrája veti vissza a csírázást; meleg és/vagy hideg sztratifikációval (rétegezéssel) lehet feloldani ezt a típust.

Az endogén magnyugalom esetében az embrió, vagy az endospermium sajátosságai miatt nem megy végbe azonnal a csírázás. Fajtái:

1. fiziológiai: endogén inhibitorok, hormonok akadályozzák a csírázást; meleg és/vagy hideg rétegezéssel szüntethető meg.
2. morfológiai: a mag nem csírázóképes, mert az embrió fejletlen, kifejlődéséhez megfelelő körülményeket (legtöbbször nedves tárolás) kell biztosítani.
3. morfofiziológiai: fejletlen az embrió, valamint endogén inhibitorok gátolják a csírázást; ezen dormanciát meleg és/vagy hideg sztratifikációval lehet megszüntetni.

Egy növény családon belül az embrió fejlettségét tekintve a mag érésének végén egyaránt lehet fejletlen és teljesen kifejlődött is, előbbire a morfológiai/morfofiziológiai magnyugalom, utóbbira atipikus magnyugalom/fizikai dormancia jellemző (BASKIN & BASKIN, 2014).

2.3. Elaioszóma és myrmecochoria a növényvilágban

A növények túlélési stratégiáinak jellemzően a legfontosabb része a magok terjesztése, melynek 5 kategóriáját ismerjük: önálló/segítség nélküli, szél általi (anemochoria), víz általi (hydrochoria), gerincesek általi külsőleges (pl. szőrhöz tapadva: exozoochoria), gerincesek általi belsőleges (bélrendszeren keresztül: endozoochoria) és hangyák általi (myrmecochoria) terjesztés (LENGYEL, 2010).

A növényvilágban számos esetben megfigyelhető a myrmecochoria jelensége filogenetikailag távoli rokon vonalaknál, szerte a világban. A hangyák általi terjesztéshez a növények kizárólag

az elaioszómával alkalmazkodtak (LENGYEL, 2010). Ezt a magterjesztési módszert alkalmazza az apró vetővirág is, ezért fontos a folyamat ismerete.

Az "elaioszóma" egy funkcionális gyűjtőfogalom (WARBURG, 1892; SERNANDER, 1906), amely a maghoz kapcsolódó függelékeket vagy a mag felszínét foglalja magában. Az elaioszómák számos úton fejlődhetnek ki, vagy különböző magszövetekből, vagy ritkábban a termésszövetekből. A különböző szöveti eredetű és fejlődési utak mind a hangyák vonzását szolgálják, ami arra utal, hogy a különféle elaioszómák konvergens módon fejlődtek ki (BRONSTEIN et al., 2006). Több filogenetikai vonal az elaioszóma és a magok metabolit-összetételében hasonló eltéréseket mutat a konvergens evolúció következtében (LENGYEL, 2010).

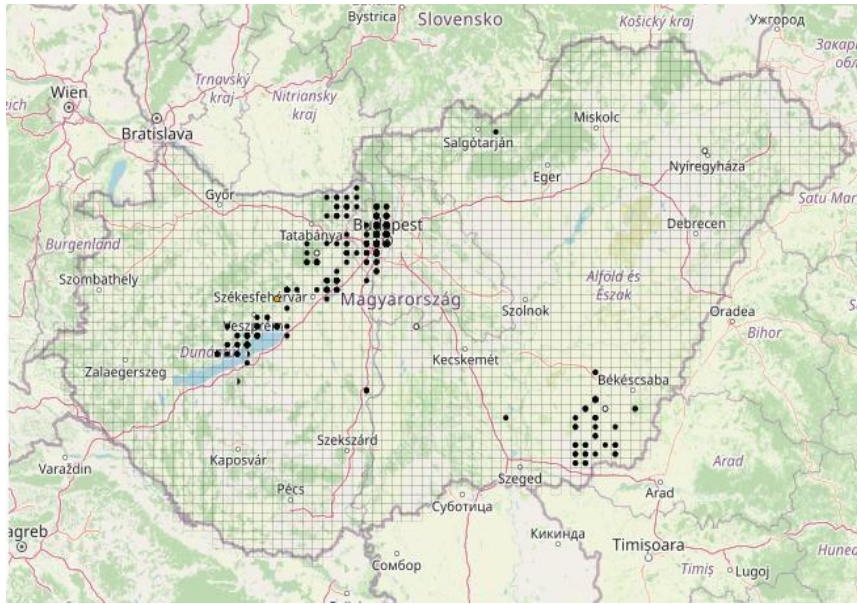
KONEČNÁ és munkatársai (2018) úgy találták, hogy a vizsgált növénycsaládoknál (Amaryllidaceae, Boraginaceae, Papaveraceae and Poaceae) az elaioszómák nagyobb mennyiségben tartalmaztak könnyen emészthető metabolitokat (különösen aminosavakat), mint a magvak. A zsírok és olajok nem voltak koncentráltabbak az elaioszómákban, ami ellentmond az "elaioszóma" (=olajtest) szó szerinti fordításának.

2.4. Az apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*) jellemzése

Az apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit) az amarilliszfélék (Amaryllidaceae) családjába (CSATHÓ & TAKÁCS, 2005; KIRÁLY, 2009), a *Sternbergia* nemzetségbe tartozó geofita növény. Az amarilliszfélék családjába 850–860, főleg trópusi, illetve mérsékelt égövi elterjedésű, leggyakrabban hagymás, hagymagumós, ritkábban rizómás, tölevélrózsás, lágyszárú fajok tartoznak. A *Sternbergia* nemzetségbe mindössze 9–10 faj tartozik jelenleg, a 2022-ben felfedezett *S. mishustinii* Zubov & Trias Blasi (ZUBOV, 2022) beleszámításával. Érdekes, hogy egyes fajok esetében, mint a *S. greuteriana* Kamari & R. Artelari és a *S. sicula* Tineo ex Guss, a filogenetikai vizsgálatok nem szolgáltattak megfelelő eredménnyel a fajok elkülönítése tekintetében, illetve a *S. lutea* Ker Gawl. ex Spreng formációitól való megkülönböztetésre szolgáló morfológiai határozóbelyegek hiányoztak, ezért ezek a *S. lutea* komplexbe lettek sorolva (GAGE et al., 2011). Többségük ősszel virágzik, virágszínük sárga. Az előbb említettek alól kivételt képez téli – kora tavaszi virágzási idejével a *S. vernalis* (Mill.) Gorer & J.H. Harvey és a *S. candida* B. Mathew & T. Baytop, ez utóbbi ráadásul az egyetlen fehér virágszínű tagja a nemzetségnek. A *S. clusiana* Ker Gawl. ex Spreng., *S. colchiciflora*, a *S. mishustinii* és a nemzetség legtöbb faja esetében a levelek és a virág földfelszín fölött való megjelenése időben elkülönül, míg például a *S. lutea* esetében ezek

egyszerre jelennek meg. A virág a nyár végi esők megérkezése után, kora ősszel bukkan ki a földből, a termés és a levelek pedig a virágzást követően, akár már késő ősszel megjelennek a felszínen. Az újonnan felfedezett *S. mishustinii* megjelenésében nagyon hasonlít a *S. colchiciflora*-ra, levelei azonban jóval hosszabbak és keskenyebbek, valamint merőben más élőhelyi adottságokat igényel. Európában két faj, a dísznövényként is használt *Sternbergia lutea* és a *S. colchiciflora* (VUKOVIĆ et al., 2017) található meg. Magyarországon egyedül a *S. colchiciflora* őshonos. Hazánkban és elterjedési területének jelentős részén veszélyeztetett faj, természetvédelmi értéke 10 000 Ft (INTERNET1). Hazánkban elsősorban élőhelyeinek helytelen kezelése, átalakítása, beépítése, illetve a klímaváltozás veszélyeztetheti fennmaradását, de a faj biológiájának kellően részletes ismeretének hiányában valójában az egyes veszélyeztető tényezők azonosítása, jelentőségük mértékének megállapítása is nehézkes. Törökországban a többi 7 *Sternbergia* fajhoz és az orchidea fajokhoz hasonlóan hagymáinak illegális gyűjtése és az azokkal való kereskedelem veszélyezteti populációinak fennmaradását (EKIM et al., 2000; GHEHSAREH et al., 2023; YOUSSEF et al., 2017), ez hazánkban szerencsére kevésbé jellemző probléma.

Az apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*) Észak-Afrikában, Dél- és Kelet-Európában, illetve Kis-Ázsiában, szárazgyepekben előforduló szubmediterrán flóraelem, egész elterjedési területén ritka, több országban veszélyeztetett faj. Természetvédelmi jelentőségéhez képest életmenetének és reprodukcióbíológájának vizsgálata azonban kevésbé tanulmányozott (PERUZZI et al., 2008). Ennek oka lehet a faj nehéz észlelhetősége, ugyanis egyedüli könnyen megfigyelhető részének, virágainak rövid élete (VUKOVIĆ et al., 2017) lényegesen nehezíti a faj populációinak felmérését. A *S. colchiciflora* hazai elterjedését nézve szikla-, puszta-, löszgyepek, legelők és karsztbokorerdők növénye. Megtalálható a Budai-hegységben, a Pilisben, a Visegrádi-hegységben, a Tétényi-síkon, a Gerecsében, a Velencei hegységben, a Vértesben, a Bakonyban, a Balaton-felvidéken, a Keszthelyi-hegységben, Külső-Somogyban, a Mezőföldön, a Duna-Tisza közén, a Tiszántúlon, a Börzsönyben és az Upponyi-hegységben (1. ábra).



1. ábra: A *Sternbergia colchiciflora* magyarországi elterjedése. Fekete kör: 1990 utáni előfordulás, fehér kör: 1950 előtti előfordulás, félig fehér-félig fekete kör: 1951–1990 közötti előfordulása a növénynek (floraatlasz.uni-sopron.hu)

Jelentős állományai találhatók kaszálatlan temetők, templomkertek területén nem csak Magyarországon, de szerte a Kárpát-medencében is (MOLNÁR V. et al., 2018a), ezen állományok fennmaradása elsősorban az emberi beavatkozások körütekintő alkalmazásától függ.

Megjelenése a kikericsre hajaz mind a virág, mind a levelek tekintetében (INTERNET2). A levelek megjelenése előtt virágzik (hiszterant), virágzása szeptember-októberre tehető. Szálas, csavarodott leveleit legkorábban októberben kezdi fejleszteni és májusban száradnak el. A faj szaporodásbiológiájának egyik legérdekesebb része, hogy virágzása nagyon szeszélyes, száraz őszen alig néhány virág jelenik meg a felszínen, de a termések száma tavasszal ennek ellenére is magas lehet (SOÓ, 1973; PERUZZI et al., 2006; INTERNET3), (Melléklet 1., 2. és 3. ábra). A faj esetében egyes szerzők az autogámia esélyét akár 70% körüli is becsülik (PERUZZI et al., 2006), de pontos, egyedi azonosításon alapuló adat ezzel kapcsolatban nem ismert.

Tovább bonyolítja a reprodukció vizsgálatát, hogy nem csak egy virága lehet egy egyednek, hanem akár háromnál is több, ez azonban ritkán észlelhető, mert a további virágok nem minden esetben jelennek meg a felszín felett, vagy az első virág maradványai már nem észlelhetők a rá következőkkel egy időben (2. ábra). Tavasszal azonban alkalmanként egy egyednél több (2–4) termés is megjelenik (Melléklet 4. ábra), de iker (összenőtt) tokok is előfordulhatnak (Melléklet 4. ábra). Abból adódóan, hogy egy növénynek több virága is lehet és a felszín alatt is termékenyülhet, a virágok és termések egymáshoz való hozzárendelése nem egyértelmű, csak valószínűsíteni lehet a kapcsolatokat.



2. ábra: Egyazon egyed elfekvő és nyílás előtt álló virága az egyik ex situ ládában, 2023.10.04.

A toktermésekben lévő magokat hangyák terjesztik (MOLNÁR V. et al., 2018b), ami annak köszönhető, hogy a magokon lipidekben és fehérjékben gazdag, ragacsos anyag (elaioszóma, magyar nevén hangyakalács) található (3. ábra, PÉNZES, 1934). Ez a tápanyagdús függelék a terjedést segítő hangyák lárváinak értékes tápanyagául szolgál. A *S. clusiana* esetében vizsgálták az elaioszómát, mint táplálékforrást a hangyák számára, más, hangyakaláccsal rendelkező magokkal összehasonlítva. A *S. clusiana* magjain lévő elaioszóma tápanyagokban sokkal gazdagabbnak bizonyult, mint a vizsgálatba bevont többi fajt (LEVINE, 2019). A *S. clusiana* magjának terjesztésében elsősorban azok a hangyafajok játszanak szerepet, melyek az elaioszómás magokat a fészükbe viszik – akár nagy távolságra – és ott leeszik róluk a hangyakalácsot, a magokat pedig érintetlenül hagyják. Velük szemben a magevő hangyák fenyegetést jelentenek a növény számára, a magok terjesztésében csak véletlenül játszhatnak szerepet, ha egy-egy mag „megmenekül” tőlük és kicsírázik (BEN-ZVI et al., 2021). Az apró vetővirág esetében is hasonló lehet a hangyakalács tápanyagszolgáltató képessége, valamint a hangyák általi terjesztésben is lehetnek hasonlatosságok.

KERESZTY & GALÁNTAI (1994) is felhívja a figyelmet arra, hogy az eredeti termőhelyen és a mintakertekben gyűjtött magok csírázási erélye között jelentős különbség lehet, rendszerint a vad magok sokkal fejlődőképesebbek és csírákéességük is jobb. A betelepített anyatövek

magvai valószínűleg az eltérő hő- és páratartalom miatt kevésbé csíráképesek. Szintén ők számolnak be arról, hogy a *S. colchiciflora* ex situ fenntartása folyik az ELTE Botanikus Kertben. Ez az állomány ma is megtalálható (ifj. Papp László szóbeli közlése). 2020-ban az ország további három botanikus kertjében volt fellelhető a faj (ZSIGMOND, 2020).

A Kőrös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság munkatársai 83 löszgyepi faj, köztük a *S. colchiciflora* eredményes ex situ szaporítását végezték 2017-ben, nevelt egyedek kiültetése és magvetés is történt a nemzeti park különböző regenerációs stádiumában álló parlagjain (ZSIGMOND, 2020). Moldovából ismert a faj in vitro kultúrában történő eredményes szaporítása hagymagumóról és magról egyaránt (GHEREG, 2022).



3. ábra: Friss elaioszómás magok a tihanyi termőhelyen, 2023.04.17.

A *S. colchiciflora*-val szoros kapcsolatban él egy üszöggomba faj (5. ábra), az 1921-ben felfedezett *Urocystis sternbergiae* Moesz, mely spórái a termés magházában fejlődnek. Ez a gombafaj kizárólag a *S. colchiciflora*-nál található meg. A *Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve* (BÁNHEGYI et al., 1985) szerint meglehetősen ritka faj, aminek háttérében állhat, hogy eleve ritka, védett fajhoz kötődik az előfordulása, továbbá a botanikusok, akik leginkább találkozhatnak a fajjal, nem keresik. Csupán néhány hazai lelőhelye ismert, külföldön eddig csak Romániában és Szerbiában került elő (INTERNET4). Az üszöggombás tokokban van, hogy hiányoznak, elpusztulnak a magok, de nem minden esetben (saját megfigyelés).



4. és 5. ábra: Frissen felrepedt (balra) és üszöggombás (jobbra) tok a tihanyi mintaterületen, 2023.04.17.

Az apró vetővirág magok csírázási idejével és erélyével kapcsolatosan Grúziából közöltek ex situ kísérletekből származó adatokat. Eszerint a frissen begyűjtött magok (május) azonnal elvetve gyorsan, 40–45 nap alatt csíráztak. Ha egy évig tárolt magokat vetettek el a következő év tavaszán, akkor viszont 210 napra volt szükség a csírázáshoz és a csírázási százalék is alacsonyabb volt (MIKATADZE-PANTSULAIA et al., 2016).

Ritka, védett és veszélyeztetett fajok esetében különösen fontos a magprodukció és az azt követő sikeres csírázás (Melléklet 6. ábra) az állományok genetikai diverzitásának megőrzésében. Hazánkban előforduló más védett fajokkal már végeztek csírázásbiológiai kísérleteket (KERESZTY & GALÁNTAI, 1994; CSONTOS & SIMKÓ, 2008; PETI et al., 2017; KOVÁCS et al., 2018), a vetővirágra vonatkozó hazai adat azonban nincsen, vélhetően a faj nehéz tanulmányozhatósága miatt. Az elérhető hazai és külföldi jellegadatbázisokban sincs semmilyen csírázásra vonatkozó információ a fajjal kapcsolatban, ezek, amennyiben a faj szerepel bennük, egyedül az ezermagtömeget tüntetik fel (INTERNET5; INTERNET6; INTERNET7). A magok ezermagtömegére vonatkozóan kissé eltérő adatok vannak a hazai adatbázisokban is: 4,189 g (TÖRÖK et al., 2013) és 7,850 g (TÖRÖ-SZIGYÁRTÓ et al., 2023), de mindkét adat alapján a faj viszonylag nagymagvúnak (6. magtömeg osztály a 8-ból) számít (CSONTOS, 2001; SONKOLY et al., 2022).

3. Anyag és módszer

Munkámban a tudományos nevek első említésénél szerepelnek az auktorok nevei, a későbbiekben pedig a kutatási növényem magyar és tudományos nevét egyaránt használom.

Azok a fényképek, ahol nem szerepel forrásmegjelölés, a saját felvételeim. Azok a képek, amelyeknél nincsen feltüntetve forrás, saját fotók.

3.1. Az ex situ kísérlet beállítása és az első virágzási periódus

Virágzástani és terméshozási kísérletek végzése érdekében 2020-ban a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatósággal szoros együttműködésben indított el egy hosszabb távú ex situ vizsgálatot a Georgikon Campus, aminek megvalósítását a Veszprém Megyei Kormányhivatal a VE-09/KTF/02002-8/2020. ügyiratszámú határozatában engedélyezte a természetvédelmi előírások betartása mellett. Témavezetőim 2020. április 27-én 120 darab hagymagumót gyűjtöttek be Tihanyból, a Külső-tó közelében fekvő Diós-tető aljában található kb. 100 000 töves állományból. A begyűjtött apró vetővirág növényeket tavaszi vegetációs periódusuk végén 3 szüretelőládában (a lelőhelyük közeléből származó köves talaba) helyezték el.

A hagymák átmérője az ültetés idején 5,4 és 15,1 mm között változott. A növényeket hagymaméret alapján négy kategóriába sorolták. A kategóriák színkóddal lettek jelölve, mindhárom ládába mind a négy mérettartományból 10–10 hagyma került. A legkisebb, kék színnel jelölt hagymák átmérője átlagosan 9,46 mm, a zöldeké 11,3 mm, a sárgáké 12,23 mm, míg a legnagyobb, piros színnel jelölteké 13,56 mm volt (HAJDU, 2021). A ládákat nyáron szabad ég alatt tárolták, majd július közepétől fedél alá kerültek, hogy ne kapjanak több csapadékot. Szeptember elejétől a három ládát különböző mennyiségű vízzel öntözték. Az 1. láda 5 mm, a 2. láda 10 mm, a 3. láda 20 mm csapadéknak megfelelő öntözést kapott összesen 5 alkalommal, majd a virágzás után, tavasztól mindhármat egységesen locsolták szükség szerint, hogy ne száradjanak ki, alkalmanként 10-10-10 mm csapadéknak megfelelő öntözővízzel.

Ősszel naponta ellenőrizték a ládákból a virágok megjelenésének és eltűnésének időpontját, valamint a talajhőmérséklet is.

A leveleket a virágzást követő megjelenésüktől kezdve figyelemmel kísérték. Hetente feljegyezték az aktuális levélszámot és megmérték a leghosszabb levél hosszát (a talajfelszíntől a levélcúsig). A levélszámot körülbelül áprilisig jegyezték fel, áprilistól már nem jelentek meg új levelek, de a legtöbb esetben már márciusban sem. A levélhossz mérését összességében május elején fejezték be, egyed szinten a leghosszabb levél jelentős mértékű elszáradásánál hagyták abba.

A terméseket azok beérése, egyben a kocsányok utolsó mérése után gyűjtötték be.

A 2020 tavaszán elültetett 120 hagymából, ősszel mindössze 12 db virágzott, ami 10%-os virágzási arányt jelent.

3.2. Saját vizsgálatok

3.2.1. Virágzásbiológiai megfigyelések

2021. őszén kapcsolódtam be a kutatásba, akkor kezdtem el én mérni a növények és környezetük jellemzőit.

Továbbra is folytattam a ládák őszi időszakban különböző mennyiségű vízzel való öntözését a száraz nyári időszakot követően. Szeptember 7-től az 1. láda 5 mm, a 2. láda 10 mm, a 3. láda 20 mm csapadéknak megfelelő öntözést kapott, kétnaponta, összesen 5 alkalommal.

A korábbi évekhez hasonlóan a virágzási aktivitás szempontjából négy kategóriát használtam: bimbó, kinyílt virág, hervadt és elfekvő virág. A már kinyílt, de még nem hervadt állapot időtartama (azon napok, míg a növény kinyílt virágban volt) a virágnap elnevezést kapta. Aktív napnak számított azon időtartam, amíg a növény bimbós, virágzó vagy hervadt állapotban volt. A ládákban a talajhőmérsékletet és a nedvességtartalmat naponta (Yieryi YY-1000 típusú talajhőmérséklet- és talajnedvességmérővel), a levelek számát és hosszát hetente, a terméskocsány megnyúlását kezdetben hetente, később az egyre intenzívebb növekedési időszak alatt hetente kétszer, majd naponta jegyeztük fel. A terméskocsány megnyúlásának mérésénél a termés csúcsának a földfelszíntől való távolságát vettük figyelembe, majd a termés hosszát utólag kivontuk a mért hosszakból. A ládákban fejlődött terméseket a magok számlálhatósága érdekében igyekeztünk még a magok kiszóródása előtt begyűjteni, mikor a tokok már megbarnultak, esetleg már fel is repedtek.

3.2.2. Az ex situ csíráztatási kísérlet beállítása

Az ex situ csírázási kísérletekhez a 2022-ben képződött tokokban lévő magokat használtuk fel. A csíráztatási kísérletek előtt megmértem a leszüretelt termésekben lévő magok tömegét rászáradt elaioszómás állapotban és elaioszóma nélkül is.

Kezelésekkel kombinált csíráztatások (2022):

2022 tavaszán a ládákban lévő, sarjakkal együtt 139 db növényen 35 olyan termés képződött, ami a felszín fölé is tudott emelkedni. Annak érdekében, hogy pontos adataink legyenek a magok, illetve a hangykalács szárazanyag tömegéről, a magok tömegét megmértük közvetlenül a begyűjtést követően, illetve azután is, hogy azokról eltávolítottuk az

elaioszómákat. A begyűjtött magokat összekevertük, tömegüket 100-as csoportokban is megmértük, ezeket a csoportokat (5 db) külön zacskókba helyeztük és százasával (20 db mag 5 ismétlésben) az alábbiakban taglalt, ötféle kezelésnek vetettük alá. Ezt követően kerültek elvetésre cserepekben, melyekbe a természetes élőhelyükről származó talaj és kvarchomok keveréke került. A vetési mélység minden esetben körülbelül 2 cm volt.

1.) Kontroll, rögtön vetett (KV): vetésük 2022. május 9-én történt és a cserepek szabad ég alatt, az állatoktól hálóval védve, az időjárási körülményeknek azonban kitéve tároltuk.

2.) Kontroll, tárolt (KT): a magokat száraz helyen, papírzacskóban, szobahőmérsékleten tároltuk az őszi vetésig.

3.) Áztatás (A): szobahőmérsékleten, papírzacskóban történő tárolás után a magvakat az őszi vetés előtt 24 órán át vízben áztattuk.

4.) Szkarifikálás (Sc): a magokat papírzacskóban, szobahőmérsékleten tároltuk az őszi vetésig, majd dörzspapírral megsértettük a maghéjukat az őszi vetés előtt.

5.) Szkarifikálás + áztatás (ScA): szobahőmérsékleten, papírzacskóban történő tárolás után az őszi vetés előtt a maghéjat dörzspapírral megsértettük, majd a magvakat 24 órán át vízben áztattuk.



6. ábra: Az ősszel elvetett magok cserepekben. Minden kezelésből ötszörös ismétlést alkalmaztunk.

Az egyes kezelésekhez tartozó magok 2022. szeptember 7-én 5x20 magonként kerültek cserepekbe (6. ábra), így minden kezelésből 5 ismétléssel rendelkezünk. A cserepeket a vetést követően a szabadban helyeztük el. A cserepeket május végéig hetente ellenőriztük, hogy jelent-e meg bennük csíranövény.

3.2.3. Adatelemzés

A virágzásbiológiai vizsgálatok esetében az egyes tényezők szerint alakuló csoportok közötti különbségeket a legtöbb esetben függetlenmintás T-próbákkal jellemeztem, a hőmérséklet hatását a virágzásra Pearson-féle korrelációkkal vizsgáltam, illetve a reprodukció hatását a következő évi levélszámokra többszörös lineáris regresszióval vizsgáltam.

A csíráztatási kísérlet során az egyes kezelésekhez tartozó csírázási arányok közötti különbségeket Fisher-féle egzakt tesztekkel vizsgáltam meg.

Az elemzések elvégzéséhez IBM SPSS 22.0 szoftverhasználtam.

A következő évi levélszámot magyarázó változók közül (előző évi levélszám, föld feletti virágzás, termésképzés, termésképzés sikere, reprodukció) lineáris regressziós modellel, Stepwise módszerrel választottam ki az R programban (4.3.1. verzió) a varianciát legnagyobb mértékben leíró változót a három rendelkezésre álló évre (2021–23).

4. Vizsgálati eredmények és értékelésük

4.1. A mért adatok és értékelésük

2021 őszén 3 darab virág jelent meg a felszín felett, mindhárom a legtöbbet öntözött, 3. ládában (1. táblázat).

1. táblázat: 2021-ben virágzó három egyed virágzási jellemzői, valamint az ezen napok alatti átlagos talajhőmérséklet

	Virágzó egyedek	Virágzási idő	Virágnapok száma (nap)	Virágnapok átlaghőmérséklete (°C)	Aktív napok száma (nap)	Aktív napok átlagos talajhőmérséklete (°C)
3.láda	P1	2021.09.14-09.20.	3	12,17	6	15,6
	P4	2021.09.13-09.20.	4	13,75	7	16,1
	S3	2021.09.14-09.20.	4	12,17	6	15,6

2022-ben a ládákból számos, összesen 22 darab virág jelent meg a felszín felett (2. táblázat). 2022-ben a virágzás átlagosan 10,59 napig tartott. 2021-ben a virágzás átlagosan 6,33 napig tartott, a 2020-as évhez hasonlóan, amikor átlagosan 7,42 napig tartott a virágzás (az elfekvő stádiumot nem beleértve) (HAJDU, 2021). 2022-ben tehát az előző két évhez viszonyítva több mint 3 nappal hosszabb időtartamú volt a virágzás.

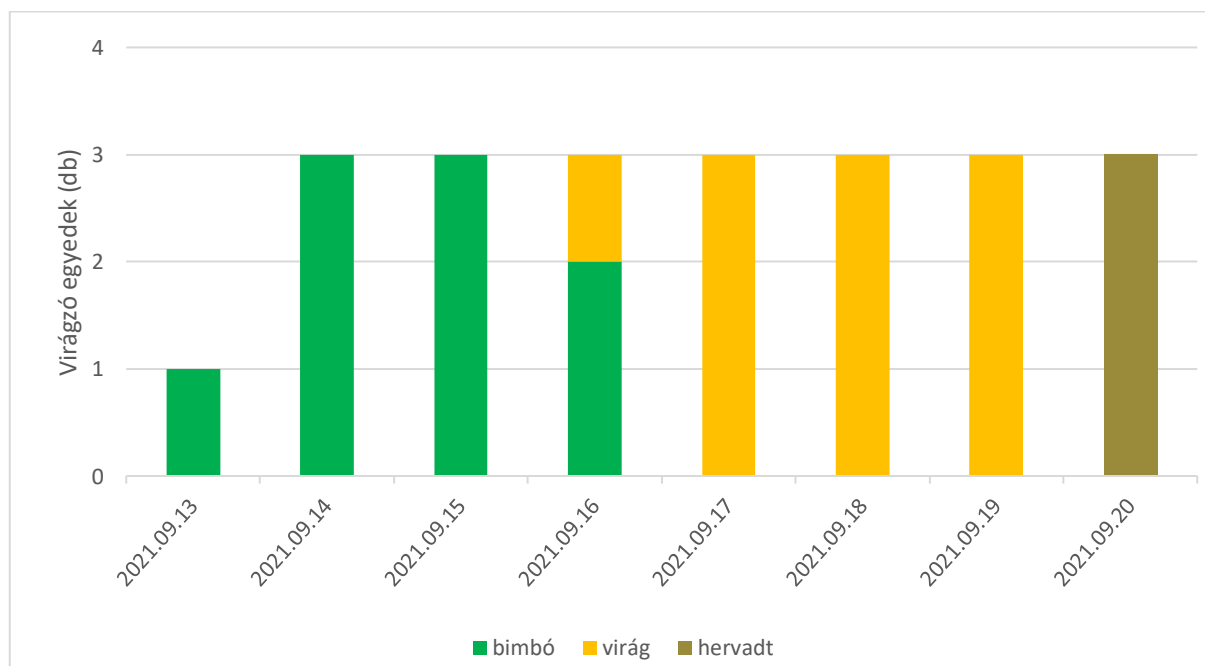
2. táblázat: 2022-ben virágzó egyedek, ezek virágzási ideje (ládánként), a virágzási stádiumok hossza, valamint ezen napok alatti átlagos talajhőmérséklet.

Láda	Virágzó egyedek	Virágzási idő	Virágnapok száma (nap)	Virágnapok átlaghőmérséklete (°C)	Aktív napok száma (nap)	Aktív napok átlagos talajhőmérséklete (°C)
1.láda	P2	2022.09.30–10.09.	8	9,71	10	10,71
	P3	2022.09.26–10.08.	9	9,46	13	7,84
	P6	2022.10.12–10.15.	-	-	4	11,28
	P8	2022.09.27–10.08.	5	7,26	11	8,92
	S7	2022.09.23–10.07.	7	5,89	12	4,51
	S9	2022.09.28–10.09.	6	7,93	11	9,46
	S10	2022.10.09–10.15.	-	-	7	12,05
	Z8	2022.09.19–09.27.	1	-	7	4,84
	Z10	2022.10.01–10.09.	-	-	9	10,30
2.láda	P2	2022.09.26–10.09.	9	6,97	13	7,75
	P3	2022.09.26–10.08.	5	7,28	11	6,74
	P5	2022.09.26–10.08.	9	6,97	12	7,32
	P7	2022.09.16–10.07.	9	6,97	21	6,67
	S4	2022.09.28–10.06.	5	7,28	9	8,23
	S10	2022.09.23–10.05.	7	7,73	13	6,75
	Z2	2022.09.23–10.07.	8	6,76	13	4,82
	Z5	2022.09.26–10.07.	8	6,76	12	7,32
3.láda	P7	2022.09.28–10.02.	-	-	5	13,63
	S4	2022.09.16–10.26.	-	-	10	13,18
	S8	2022.09.21–10.05.	8	13,63	14	12,02
	Z4	2022.09.28–10.02.	-	-	5	13,63
	Z6	2022.09.12–09.23.	3	13,40	11	13,23

A 2022-es virágzási idő alatt a talajhőmérséklet az előző két évhez viszonyítva jóval alacsonyabb volt mind a virágnapok (7,10 °C), mind az aktív napok (7,70 °C) alatt.

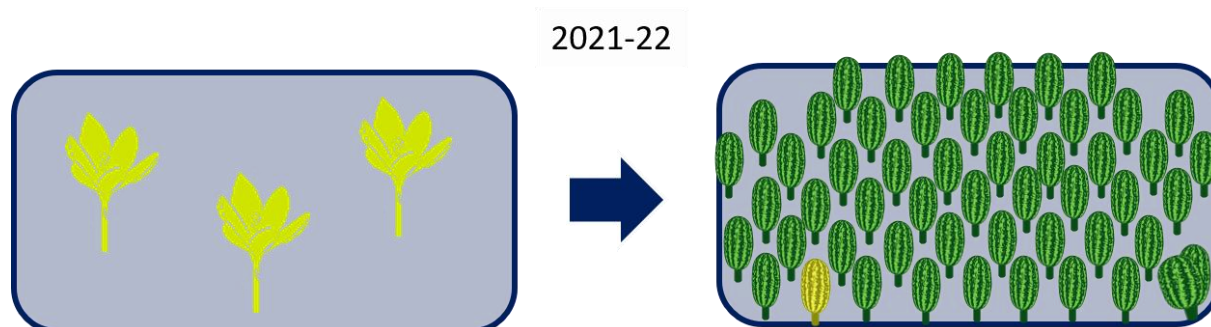
A virágnapok átlagos talajhőmérsékletét nézve a 2020-as és 2021-es év között nincs jelentős különbség (2020: 11,26 °C; 2021: 12,70 °C), azonban az aktív napok hőmérsékleténél már jelentősebb az eltérés (2020: 11,41 °C; 2021: 15,77 °C). Hajdu (2021) megállapítását (2. hipotézis), amit a 2020-as adatok alapján tett, miszerint a virágzási idő alatti alacsony hőmérsékleten a virágok hosszabb ideig nyílnak (ezáltal a virágzási idő is tovább tart, mint magasabb hőmérsékleten) megerősítik az általam 2021-ben mért adatok is.

A 2021-es virágzást követően – amikor 3 db virág jelent csak meg a felszín felett (7. és 8. ábra)



7. ábra: 2021-ben virágzó egyedek (db) virágzási aktivitása az idő függvényében.

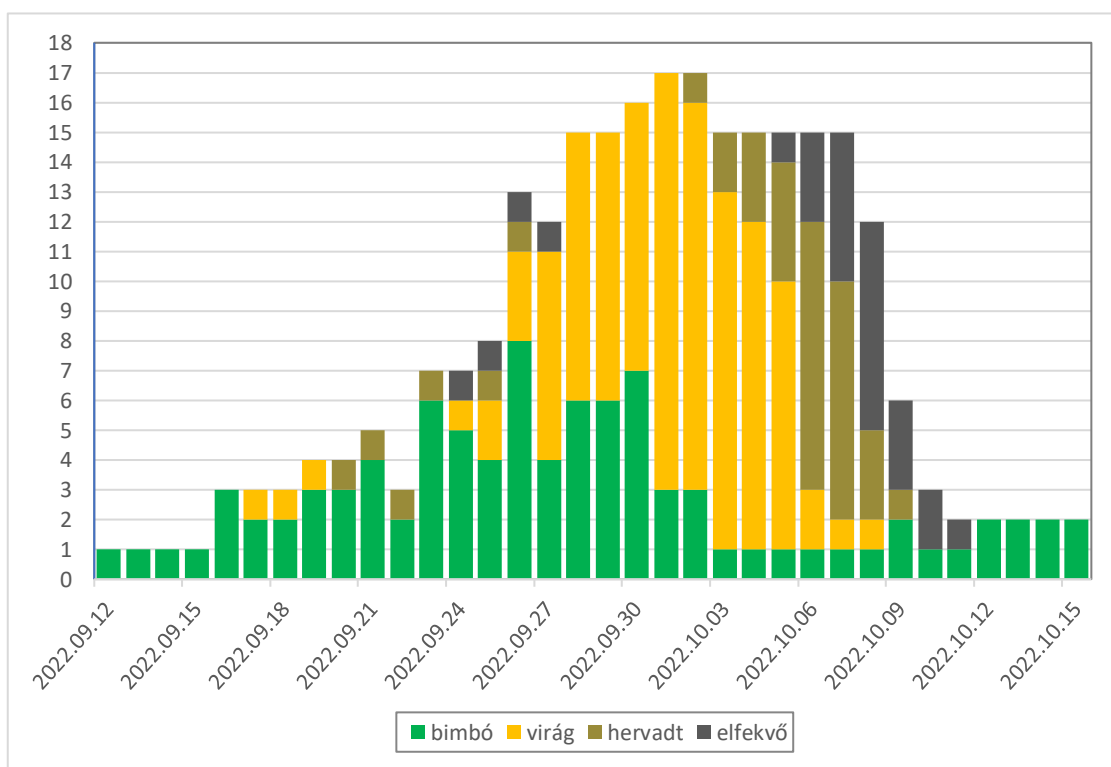
2022-ben a ládákból összesen 53 termés jelent meg, ezek közül 35 darabnál lehetett a kocsánymegnyúlást mérni, a többi a földben maradt (8. ábra).



8. ábra: 2021 őszén megjelent virágok és a következő tavasszal előbújt termések összesített ábrázolása (mindhárom láda). A zöld tokok a föld alatti virágzásból, a sárga tokok a föld feletti virágból kialakult terméseket szimbolizálják.

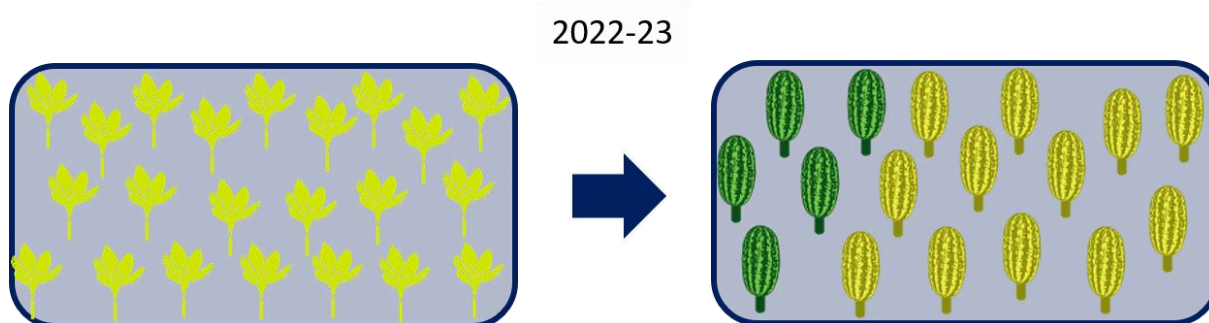
A felszín felett virágzó egyedek közül csak egy növény hozott termést, ez azonban két tokot is hozott. Két növénynek lett kettő és egynek négy termése, amiből kettő összenőtt (iker) volt (8. ábra és Melléklet 4. ábra). Az 1. ládában 10 db (19%), a 2. ládában 11 db (21%), a 3. ládában 32 termés képződött. A termések 60%-a a 3., tehát a legtöbb öntözést kapó ládában fejlődött (8. ábra). A termések 66%-ánál lehetett a kocsánymegnyúlást mérni, ezen termések 91%-a a 3. ládában fejlődött.

2022 őszén 22 virág jelent meg a felszín felett (9. és 10. ábra, Melléklet 7. ábra).



9. ábra: 2022-ben virágzó egyedek virágzási aktivitása az idő függvényében.

A virágzást követően, 2023 tavaszán összesen 17 darab termés jelent meg, ezek közül 12 volt olyan, ami valószínűsíthetően felszín felett nyíló virágból képződött (10. ábra).



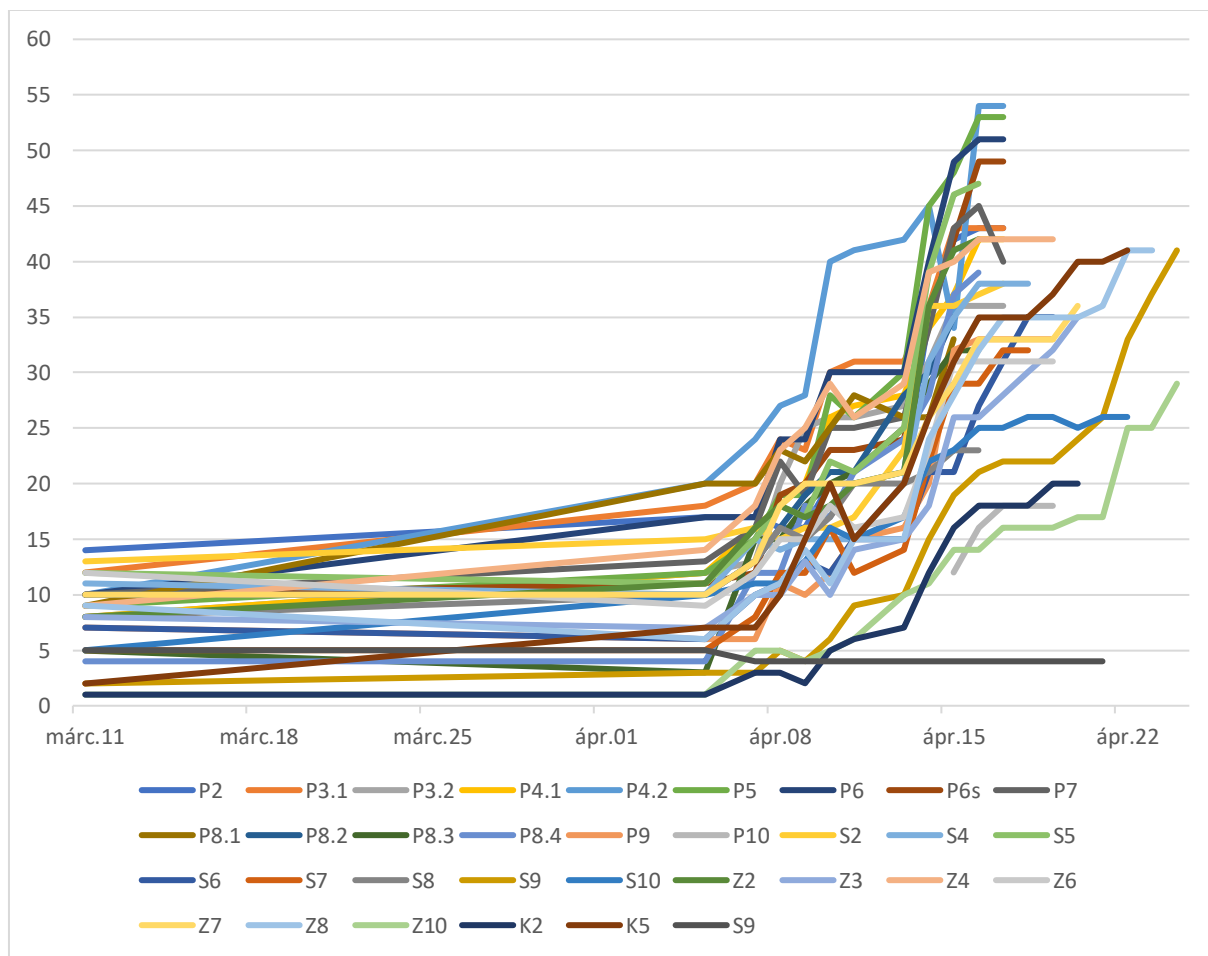
10. ábra: 2022 őszén történt virágzás és a következő tavasszal megjelent termések összesített ábrázolása (mindhárom láda). A zöld tokok a föld alatti virágzásból, a sárga tokok a föld feletti virágból kialakult terméseket szimbolizálják.

Az 1. ládában virágzó egyedek felének (5 db a 10-ből) fejlődött termése, a 2. és 3. ládában virágzó tövek (5 + 2 darab) mindegyikének képződött termése (10. ábra).

A termésképzés utolsó szakaszának folyamatát már az 1900-as évek elején alaposan megfigyelték: „A levelek sárgulásával a rövid, egy centiméternél rendszeren rövidebb kocsány egyszerre növekedni kezd és a tokot kb. 3–4 cm magasra emeli. Ez a növekedés némely nap eléri az egy centiméternyi hosszúságot. ...Ez a gyors növekedés ezután megszűnik, a felfelé álló kocsány lehajlik; vele egyidőben a tok, mely zöld színű, duzzadt volt, kezd halványulni és hosszában kissé megrövidül, összehúzódik.” (PÉNZES, 1934).

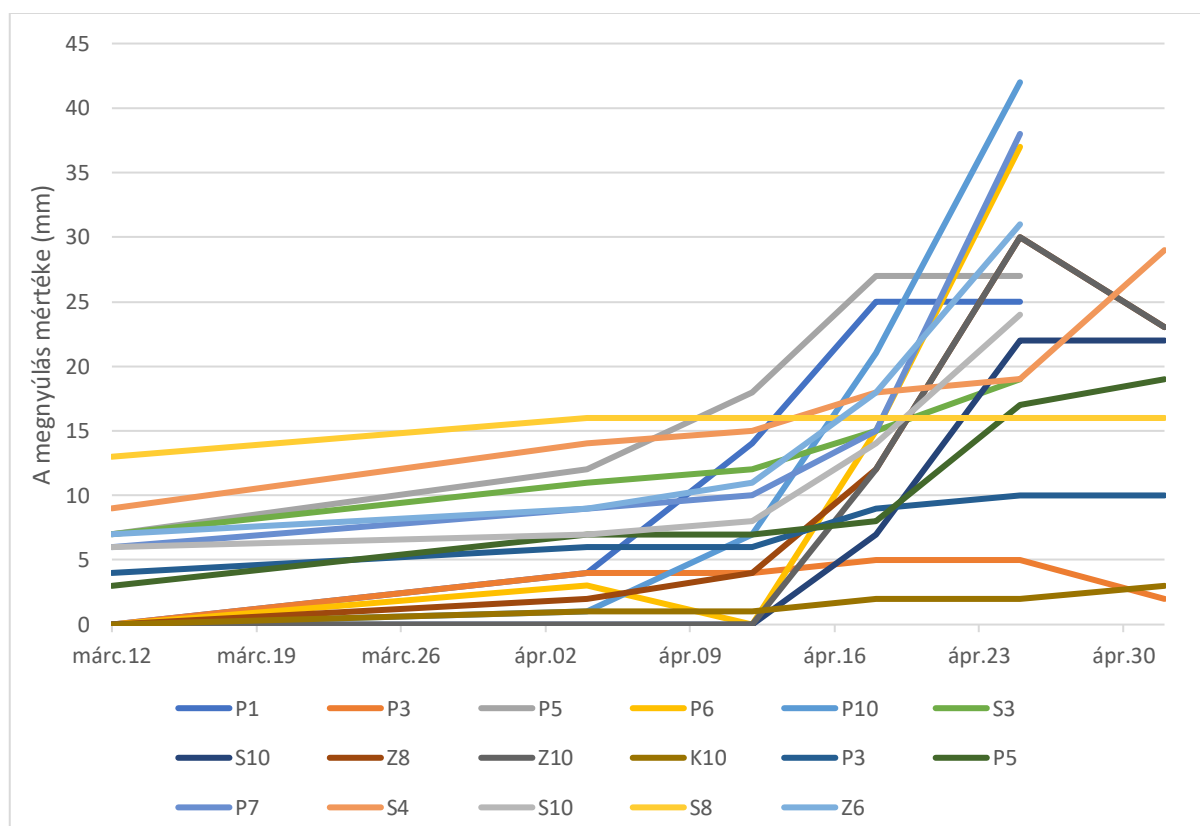
Azt, hogy felszín feletti virágból képződik-e egy termés vagy ugyanahhoz az egyedhez tartozó kleisztogám virágból, azt sajnos nem tudjuk vizsgálni. A terméseket ezért csak hozzárendelni érdemes a felszín feletti virággal rendelkező egyedekhez, kijelentést nem lehet tenni, hogy biztosan felszín feletti virágból képződtek. Nem tudjuk továbbá, hogy a földben hány virága lehet egy egyednek. Erre a tavasszal megjelenő termések számából tudunk csupán következtetni.

A terméskocsányok 2022-ben április elejétől kezdve jellemzően naponta több mint 2 mm-t nőttek, de előfordult olyan is, hogy egy nap alatt 10 mm-rel lettek hosszabbak (11. és 13. ábra).



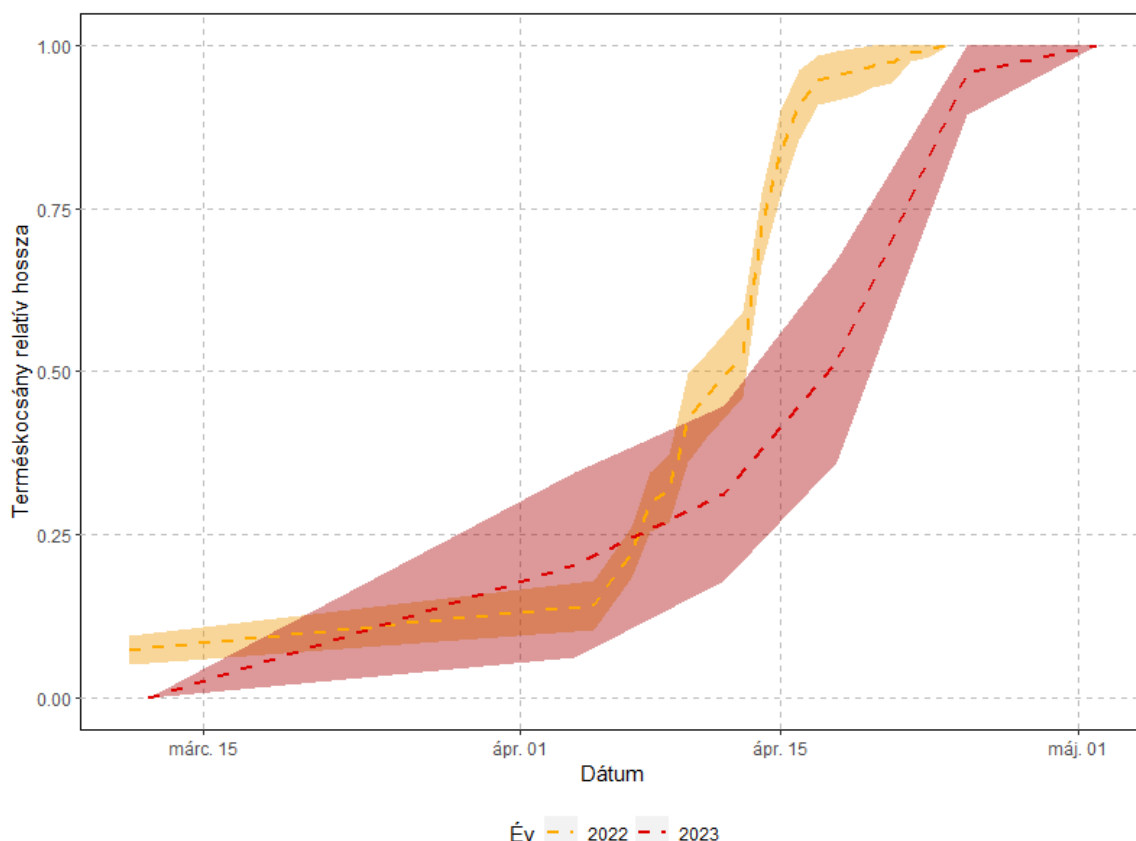
11. ábra: 2022-ben termést érlelő egyedek termés-kocsány-megnyúlása

A megnyúlás üteme és mértéke 2023-ban is az előző évekhez hasonlóan alakult (12. és 13. ábra).



12. ábra: 2023-ban termést érlelő egyedek termés-kocsány-megnyúlása

A két évet együttesen nézve elmondható, hogy a termés-kocsányok megnyúlásánál áprilisig egy lassabb ütemű növekedés tapasztalható, majd áprilisban pár hét alatt a növekedés üteme jelentősen felgyorsul (13. ábra), ahogy azt PÉNZES (1934) is leírta. A kocsányok április 3. dekádjában – május elején érik el teljes hosszukat.



13. ábra: 2022-ben és 2023-ban termést érlelő egyedek átlagos terméskocsány-megnyúlása a 95%-os konfidencia-intervallum feltüntetésével

2022-ben az utolsó kocsánymérések után begyűjtött tokokban átlagosan 19,09 db mag volt (szórás: 5,59; min.: 8; max.: 27). A 2021-es évhez hasonlóan 2022-ben és 2023-ban is több olyan tok volt, ami a földben maradt (2022: 16 db; 2023: 2 db) vagy visszahúzódott a földbe (2022: 2 db; 2023: 2 db), illetve üszöggombás volt. 2022-ben és 2023-ban is az üszöggombával fertőzött tokok közül csak az egyikben voltak magok, a másiktól hiányoztak. Egy tokban átlagosan 11,79 (szórás: 4,28) db mag volt (min. 3 db, max. 21 db), ami a 2022-es adathoz képest 7,3 db maggal kevesebb.

4.2. Összefüggés vizsgálatok

Az ex situ vizsgálatok legfontosabb kérdése arra vonatkozott, hogy a csapadékmennyiség befolyásolja-e a virágzást (1. hipotézis). 2020-ban és 2021-ben valóban a legnedvesebb ládában volt a legtöbb virág (2021-ben csak abban volt), 2020-ban a második legtöbb virág a legszárazabb ládában volt, azonban 2022-ben mindez felcserélődött, a legszárazabb ládában jelent meg a legtöbb virág, a legtöbb vizet kapott láda csak a 2. helyen állt a virágok számát tekintve (3. táblázat). Az eddigi eredmények alapján tehát nem lehet egyértelműen megállapítani a csapadék mennyiségének befolyásoló szerepét, így nem lehet kijelenteni hogy

minél több vizet kaptak a növények a ládákban az őszi időszak alatt, annál több virágot figyelhettünk meg a felszín felett.

3. táblázat: A virágok megjelenése az első locsolás után (eltelt napok száma)

Év	Láda	Virág (db)	Locsolástól eltelt idő				
			Átlag (nap)	Szórás (nap)	Min. – max. (nap)	Átlag (nap) ± szórás (nap)	Min. – max. (nap)
2020	1.láda	4	30,50	8,39	25–43	27,25 ± 9,87	9–44
	2.láda	1	8	-	-		
	3.láda	7	28	9,81	6–44		
2021	3.láda	3	6,67	0,58	6–7	6,67 ± 0,58	6–7
2022	1.láda	9	22,44	7,26	12–35	19,95 ± 6,34	7–36
	2.láda	8	17,50	3,70	9–21		
	3.láda	5	14	7,14	5–35		

2022-ben átlagosan hamarabb (19,95 nap múlva) jelentek meg a virágok az első locsolást követően, mint 2020-ban (27,25 nap), és a napok szórása is kisebb volt (3. táblázat). Ugyanez ládánkénti bontásban is elmondható, hogy 2020-hoz képest 2022-ben (a 2. ládát nem nézve, ahol 2020-ban csak 1 db virág volt) az 1. és a 3. ládában átlagosan hamarabb jelentek meg a virágok, mint a 2020-as évben, és a napok szórása ez esetben is kisebb volt.

Éves bontásban (2020–2021, 2020–2022, 2021–2022) is vizsgáltam a virágzó egyedek virágainak átlagos megjelenési ideje közötti különbségeket (az első locsolástól számítva), a három ládát évenként együtt kezelve (4. táblázat).

4. táblázat: A virágok első locsolástól számított megjelenési ideje közötti különbségek szignifikancia-szintjei az egyes évpárokra vonatkoztatva

Év/Sig. (2 t-próba)	2020	2021	2022
2020	-	$5,78 \cdot 10^{-3}$	$7,55 \cdot 10^{-3}$
2021	$5,78 \cdot 10^{-3}$	-	$6,16 \cdot 10^{-3}$
2022	$7,55 \cdot 10^{-3}$	$6,16 \cdot 10^{-3}$	-

A 4. táblázat alapján a 2020–2021-es, 2020–2022-es és a 2021–2022-es évek között egyaránt szignifikáns különbségek voltak a virágok megjelenését tekintve az első locsolástól.

Ezzel szemben a három különbözőképpen locsolt ládát külön kezelve az egyes évek során nem tapasztaltunk szignifikáns különbségeket a virágok megjelenésének idejében. Viszont a három évet együtt kezelve az 1. és a 2. láda között szignifikáns különbség volt (5. táblázat).

5. táblázat: A virágok első locsolástól számított megjelenési ideje közötti különbségek szignifikancia-szintjei az egyes ládapárokra vonatkoztatva

Láda/szignifikancia	1. láda	2. láda	3. láda
1. láda	-	$1,15 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-1}$
2. láda	$1,15 \cdot 10^{-2}$	-	$5,32 \cdot 10^{-1}$
3. láda	$1,45 \cdot 10^{-1}$	$5,32 \cdot 10^{-1}$	-

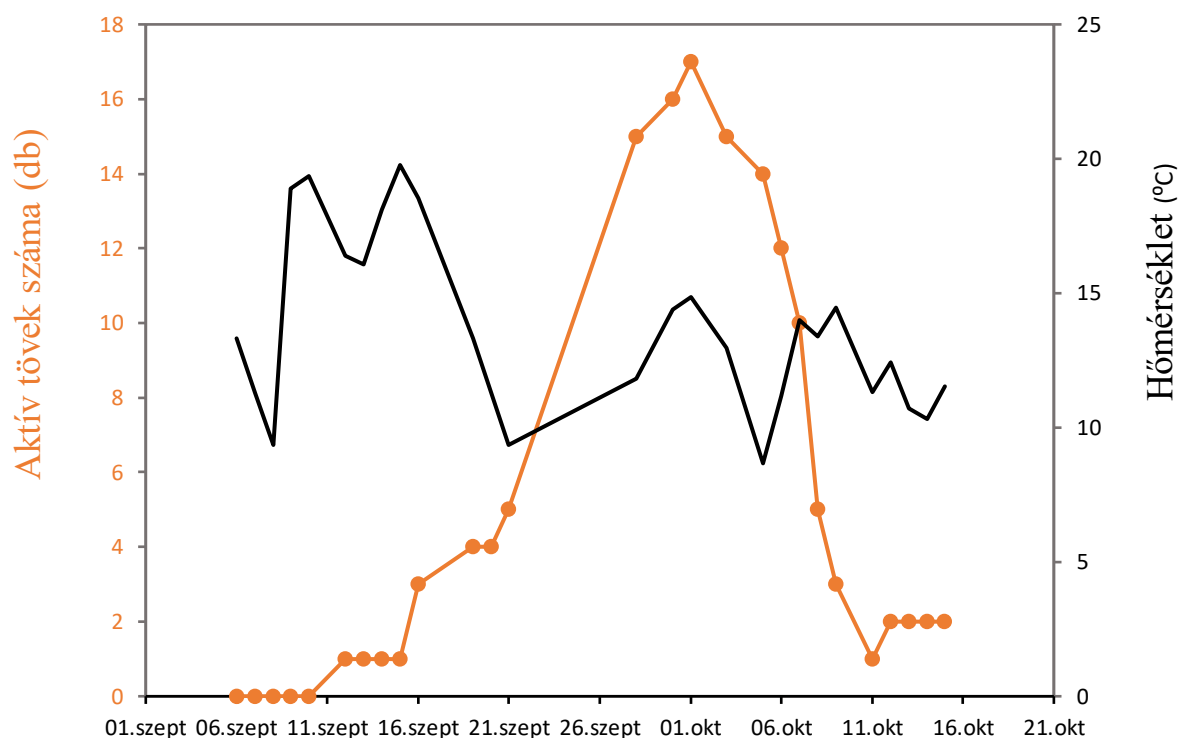
Eredményeink (3., 4. és 5. táblázat) alapján az őszi csapadék mennyiségének nincsen kimutatható befolyásoló szerepe a virágok számára és megjelenési idejükre nézve. Ellenkező esetben az 1. (legszárazabb) és a 3. (legöntözöttebb) láda között kellett volna szignifikáns különbséget kapni az 5. táblázatban. Eddigi eredményeink és megfigyeléseink alapján feltételezhető hogy az őszi talajhőmérséklet lehet az, ami hatással lehet a virágok megjelenésére, nem pedig a csapadék mennyisége, illetve ideje. A virágok rendszerint egy melegebb periódus után jelentek meg (14. ábra).

A csapadék befolyásoló szerepét illetően érdemes lenne megvizsgálnunk a téli és tavaszi csapadék hatását, ami a növény vegetációs periódusában a levelek növekedésére lehet hatással. Ez pedig a hagymagumóban raktározott tápanyag mennyiségére és a virágindukcióra is befolyást gyakorolhat.

Mivel 2021-ben csupán 3 db virág jelent meg a talajfelszín felett, s ezek is egyetlen ládában jelentek meg, a talajhőmérsékletnek a virágzásra gyakorolt hatását ebben az évben statisztikai módszerekkel nem tudtuk érdemben vizsgálni.

2022-ben a talajhőmérséklet befolyásoló hatását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy amíg 15 °C felett volt a talajhőmérséklet, a virágok száma lassú ütemben növekedett, majd a 10 °C és 15 °C közötti időszak alatt nőtt meg a virágok száma és 15 °C-on volt a virágzási csúcs, ami után a felfutásnál valamivel lassabb visszaesés következett az aktív tövek számát nézve (14. ábra).

2022-ben a virágzási csúcs alatti hőmérséklet (15 °C) megegyező volt a HAJDU (2021) által 2020-ban tapasztaltakkal.



14. ábra: A talajhőmérséklet és a virágzási aktivitás 2022-ben

A három évet összehasonlítva a virágnapok száma és a virágnapok alatti átlaghőmérséklet között a Pearson-féle korreláció nem szignifikáns, a koefficiens értéke -0,19. Az aktív napok száma és az aktív napok átlaghőmérsékletének esetében a Pearson-féle korreláció azonban már kimutatható ($p=0,011$) hatást jelez, erős negatív korrelációval ($r=-0,46$). Vizsgálatom alapján tehát az alacsonyabb talajhőmérséklet elnyújtja az egyes virágzási fázisokat, ezáltal pedig a teljes virágzási időt is. A Pearson-féle korreláció értéke alapján elmondható, hogy a virágok nyílására az aktív napok átlagos talajhőmérséklete (bimbós-nyíló állapot alatti hőmérséklet) van hatással, nem csak a nyílás alatt mért talajhőmérséklet.

Az volt a feltevésünk, hogy a nem virágzó egyedek levelei hamarabb jelenhetnek meg, mint a virágzóké (3. hipotézis), mivel a virágzó egyedek jelentősen több energiát fektetnek be a virágzás során, így a leveleknek már kevesebb jut (6. és 7. táblázat).

6. táblázat: A levelek átlagos megjelenése 2021-ben, a virágzás függvényében

Virágzás (2021 ősz)	Egyedszám	Levelek megjelenése		Sig. (2 t-próba)
		Átlag (dátum)	Szórás (nap)	
igen	3	2021.10.26	9,90	p=0,595
nem	134	2021.11.07	32,85	

Bár 2021-ben közel két hét különbség volt a virágzó és a vegetatív egyedek leveleinek megjelenése között, de a csekély virágzási arány miatt ez a különbség nem szignifikáns (6. táblázat).

7. táblázat: A levelek átlagos megjelenése 2022-ben, a virágzás függvényében

Virágzás (2022 ősz)	Egyedszám	Levelek megjelenése		Sig. (2 t-próba)
		Átlag (dátum)	Szórás (nap)	
igen	22	2022.12.01	24,20	p=0,586
nem	118	2022.11.28	30,86	

2022-ben szintén nem lehetett szignifikáns különbséget kimutatni ($F=0,87$) a virágzó és a vegetatív egyedek leveleinek átlagos megjelenési ideje között (7. táblázat).

A 3. hipotézisben megfogalmazott feltevésünknek a 2020-as eredmények megfeleltek (HAJDU, 2021), de a 2021-es és 2022-es adatok nem (7. táblázat), emiatt további vizsgálatok szükségesek a 3. hipotézis egyértelmű igazolására vagy cáfolására.

Vizsgáltam a termések megjelenésének idejét annak függvényében, hogy volt-e föld felett megjelenő virág a termésképzést megelőzően (8. és 9. táblázat).

8. táblázat: A termések átlagos megjelenési ideje 2022-ben, annak függvényében, hogy volt-e talajfelszín felett megjelenő virág

Virág (2021 ősz)	Egyedszám	Átlag	Szórás (nap)	Sig. (2-t próba)
igen	2	2021.10.25	-	p=0,192
nem	51	2021.12.03	41,83	

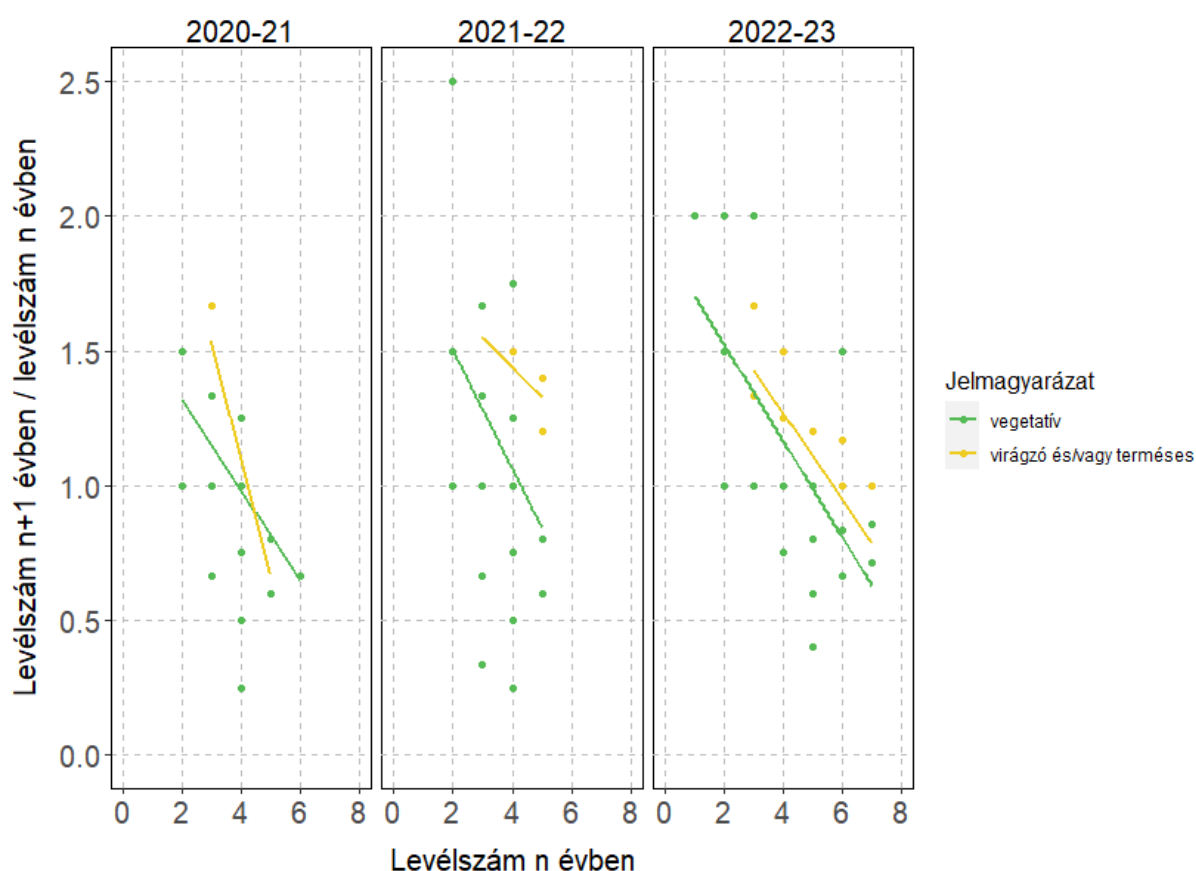
2021-ben földben virágzó egyedek tokjai több mint egy hónappal korábban jelentek meg, mint a föld felett virágzó egyedek termései, de ez statisztikailag nem jelentett szignifikáns eltérést az alacsony elemszám miatt (8. táblázat).

9. táblázat: A termések átlagos megjelenési ideje 2023-ban, annak függvényében, hogy volt-e a talajfelszín felett megjelenő virág

Virág (2022 ősz)	Egyedszám	Átlag	Szórás (nap)	Sig. (2 t-próba)
igen	12	2023.03.15	20,20	p=0,730
nem	5	2023.03.19	22,22	

2022-ben sem volt szignifikáns különbség a föld felett és a földben virágzó egyedek terméseinek megjelenési ideje között (9. táblázat).

Mindhárom évre nézve a megelőző évi levélszám és a reprodukció (föld feletti virágzás és/vagy termésképzés, annak sikerességétől függetlenül) bizonyult a legalkalmasabb modellnek, mindhárom évben szignifikáns hatása volt mindkét tényezőnek a levélszámok következő évi alakulására (15. ábra). Eszerint a virágzó és/vagy termést képző egyedek a vegetatív tövektől eltérő trendeket mutattak ebben a tekintetben.



15. ábra: A virágzás utáni levélszám (db) változása a virágzást megelőző levélszám (db) függvényében a vizsgált években (többszörös lineáris regresszió, Stepwise módszerrel). Virágzó alatt értjük a felszín felett virágzó és/vagy termést érlelő egyedeket. Vegetatív egyedek a föld felett nem virágzó, termést sem hozó növények.

2021 tavaszán az előző évhez képest egyaránt átlagosan több levelet produkáltak a kisebb hagymamérettel rendelkező virágzó és vegetatív egyedek. A nagyobb hagymájú, virágzó és vegetatív egyedek levélszáma az előző évihez képest csökkent (15. ábra). 2022-ben és 2023-ban hasonlóan, a kisebb hagymamérettel rendelkező egyedek hoztak több levelet az előző évi levélszámhoz képest, a nagyobb hagymájú növények levélszáma pedig átlagosan szintén

csökkent. A magyarázat a kisebb hagymájú egyedek növekvő levélszámára vélhetően az, hogy ezen egyedek még a növekedési szakaszban vannak, míg a nagyobb hagymájúak már elérték fajra jellemző méretüket és szerepet játszhat az öregedés is. A virágzó egyedek levélszáma a következő években jellemzően többet gyarapodott a nem virágzó egyedekhez képest. Azt feltételeztük, hogy a vegetatív egyedek arányosan több levelet hoznak a következő vegetációs periódusban, mint a virágzók (4. hipotézis), mivel a virágzás és a termésképzés jóval nagyobb energiabefektetést jelent a növényeknek. Ezt a feltevést a 2020 óta gyűjtött adatok alapján nem tudtuk igazolni, hipotézisünkkel ellenkező eredményt kaptunk. Egy lehetséges magyarázat, hogy a virágzó egyedek többsége egy olyan életszakaszban tarthat, amelyre leginkább jellemző az aktív növekedés és reprodukció, míg a nem virágzó, de hagymagumójuk mérete alapján virágzóképes egyedek jelentős része ezen intenzív szakasz kezdetén vagy végén (szeneszcencia irányában) járhat.

4.3. Az ex situ csíráztatás eredményei és értékelésük

A rászáradt hangyakaláccsal együtt az átlagos magtömeg $0,117 \text{ g} \pm 0,042 \text{ g}$, hangyakalács nélkül $0,105 \text{ g} \pm 0,036 \text{ g}$ volt. Az ezermagtömeget 5 db 100-as csoport alapján számítottuk: 1. csoport: 5,85 g, 2.: 5,7 g, 3.: 5,6 g, 4.: 6,55 g, 5.: 5,5 g. Az ezermagtömegre vonatkozó mérési eredményeink közel azonosak voltak az irodalomban fellelt adatokkal (10. táblázat).

10. táblázat: Az ezermagtömegre vonatkozó hazai és külföldi adatok

Ezermagtömegre vonatkozó források	Seed information Database	LEDA	PADAPT	Török et al., 2012	Törő- Sziogyártó et al. 2022	általunk mért
						átlag $\pm$ szórás
Ezermagtömeg (g)	7,9504	-	6,0195	4,189	7,85	$5,84 \pm 0,373$

A 2022-es vetést követően kicsivel kevesebb, mint 10 héttel, 2022. november 15-én jelent meg az első csíranövény az egyik szkarifikált+áztatott (ScA) magokat tartalmazó cserépben (16. táblázat, 17. ábra).



16. ábra: Az első csíranövény, 2023.02.06.

Az ezt követő héten már 6 csíranövény volt megfigyelhető, ezek mindegyike szintén szkarifikált magból (ScA és Sc) származott. 2023. február 6-án jelent meg az első olyan csíranövény, ami szkarifikálatlan magból kelt, ez egy szabadföldi kontroll cserépben volt.

Ebben az első hullámban 2023. február 6-ig 8 mag csírázott ki, sajnos ezek március 8-ig mind elszáradtak (11. táblázat), de a növény biológiájából kiindulva nem zárható ki teljesen, hogy a növények a következő évben kihajtanak.

Egy második csírázási hullám vette kezdetét 2023. márciusában (17. ábra és Melléklet 9., 10. és 11. ábra), amikor 2023. március 8-tól számítva összesen 24 db mag csírázott ki a szabadföldi kontroll csoportból (10. táblázat), ezek közül egy sem száradt el a vegetációs periódusuk vége előtt (május). Szintén márciusban még további 3 db mag csírázott ki a vetés előtt áztatott (A) csoportból (11. táblázat és 18. ábra).



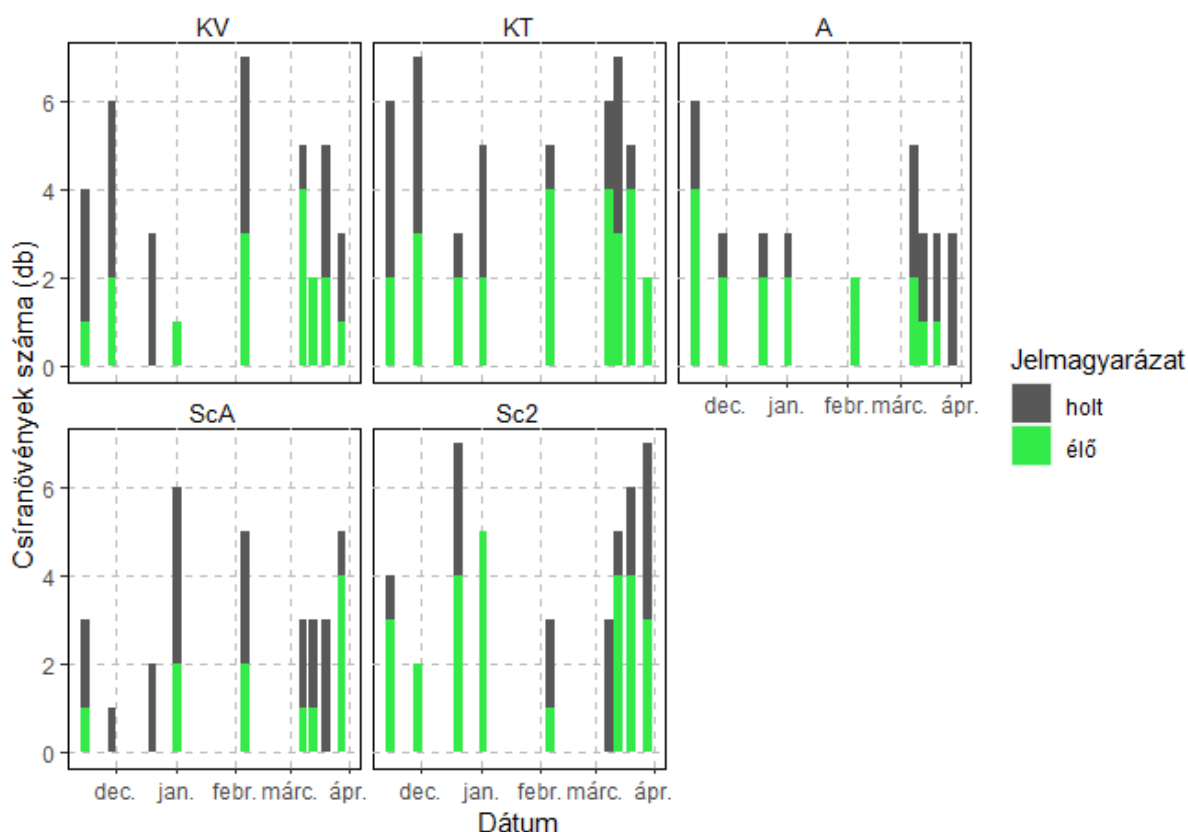
17. ábra: A második hullámban kicsírázott növények egy része, 2023.03.22.

A 600 magból 2022. március 28-ig összesen 32 csíranövény fejlődött ki, az elszáradtakat is beleszámítva (11. táblázat és 18. ábra). A csírázási arány a szabadföldi kontroll (KV) kezelési típus esetében szignifikánsan magasabb volt (21%), mint bármelyik másik kezelés esetében ($p=0,002$ és $p=0,013$ között, Fischer-féle egzakt teszttel). A második legjobb csírázási arány ennél jóval alacsonyabb (4%), ezt a csak szkarifikált (Sc) magok esetében tapasztaltuk. Az áztatott (A) és a szkarifikált+áztatott (ScA) magok csírázási aránya 3–3% volt. A szobahőmérsékleten tárolt magokból mindössze egyetlen mag csírázott ki (12. táblázat).

A dormancia tekintetében az volt a hipotézisünk, hogy a magok morfológiai magnyugalommal rendelkeznek, ezért legkorábban nyár végén vagy ősszel fognak csírázni, egy kisebb hűvös és csapadékos periódus után (1. csírázási hipotézis).

11. táblázat: Az eddig kicsírázott magok száma különböző időpontokban, cserepenként. A kezelések kódjainak feloldása az Anyag és módszer fejezetben olvasható. Kezelésenként ötszörös ismétlésszámot alkalmaztunk, a kezelések kódja után álló számok ezek megkülönböztetésére szolgálnak. A táblázatban a számok az aktuális összes csíranövény számát jelentik a feltüntetett napokon. †: elpusztultnak vélt magonc.

Kezelés kódja, cserép száma	2022. 11.15.	2022. 11.29.	2022. 12.20.	2023. 01.02.	2023. 02.06.	2023. 03.08.	2023. 03.13.	2023. 03.20.	2023. 03.28.
ScA1	1	1	1	1	1	1†			
ScA3		1	1†						
ScA5		1	1	1	1	1†			
Sc2		4	4	4	3+1†	4†			
KT4				1	1	1†			
KV1						1	3	4	4
KV2						3	5	6	8
KV3						1	1	1	1
KV4					1	2	2	2	2
KV5						2	3	6	6
A2							1	2	2
A5							1	1	1



18. ábra: A 2022. március 28-ig kicsírázott magok száma különböző időpontokban, kezelésenként. A diagramokon az oszlopok az aktuális összes csíranövény számát jelentik a feltüntetett időpontokban.

12. táblázat: Kezelésekkel kombinált csíráztatások eredményei. A kezelések kódjainak feloldása az Anyag és módszer fejezetben olvasható.

Kezelés kódja	Vetési idő	Vetett magok (cserépxdb)	Kezelésenkénti összes magoncszám	Átlagos magoncszám ±szórás (min–max) [db/cserép]	Csírázási arány (%)
KV	2022.05.06	5x20	21	4,2± 0,9 (1–8)	21
KT	2022.09.07	5x20	1	1	1
A	2022.09.07	5x20	3	1,5±0,8 (1–2)	3
Sc	2022.09.07	5x20	4	-	4
ScA	2022.09.07	5x20	3	1	3
Összes		500	32	-	6,4

A kísérlet során kiderült, hogy a szkarifikáció ténylegesen elősegítette a csírázási folyamatot. Az áztatásnak semmilyen hatása nem volt a csírázásra nézve. A kint tárolt és a többi csoportba tartozó magok csírázási aránya között jelentős különbség volt, amit azzal magyaráztunk, hogy a szabadföldi kontrollok a nyár folyamán egyformán kaptak csapadékot és meleget is. Ez alapján nem morfológiai (1. csírázási hipotézis), hanem morfofiziológiai megnyugalommal

rendelkeznek a magok. Ez azt jelenti, hogy az érett magban lévő embrió még nem fejlett, a teljes kifejlődéséhez egy meleg periódus és nedvesség szükséges. Az embrió kifejlődése után azonban beáll a magnyugalom. Ennek megszüntetéséhez egy hideg időszakra van szükség, a meleg szakaszt követően (BASKIN & BASKIN, 2014). Tapasztalataink alapján arra gondolunk, hogy az apró vetővirág magjainak csírázásához mindenképp egy egymást követő, meleg, majd hideg időszakra van szükség, nedvességgel együtt.

5. Összefoglalás

Az apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit.) szárazgyepekben előforduló, elterjedési területének nagy részén veszélyeztetett növényfaj, melynek azonban életmenete és reprodukcióbíológája kevésbé tanulmányozott. A Georgikon Botanikus Kertben 2020 óta nevelnek apró vetővirág (*Sternbergia colchiciflora*) növényeket ládákban virágzástani és terméshezási kísérletek végzése érdekében. Én 2021 őszén kapcsolódtam be a kutatásba, melynek során figyeltem a virágok megjelenési ütemét, naponta mértem a ládákban a talajhőmérsékletet és nedvességtartalmat, hetente jegyeztem a vegetatív jellemzőket (levelek száma és hossza), valamint saját kísérletet állítottam be a növény csírázásbíológiájának vizsgálatára. A csíráztatási kísérlet során a 2022-ben képződött termésekben lévő magokat (600 db) százasával (20 db mag 5 ismétlésben) ötféle kezelésnek vetettük alá, ezt követően kerültek elvetésre, cserepekben. A cserepeket a vetéstől számítva májusig hetente ellenőriztük, hogy jelent-e meg bennük csíranövény.

Feltételeztük, hogy az őszi csapadékmennyiségnek hatása van a felszín felett megjelenő virágok számára és a megjelenési időre (1. hipotézis), továbbá, hogy a hidegebb talajhőmérséklet miatt a virágzás tovább tart (2. hipotézis). Ennek tesztelése érdekében az őszi időszakban eltérő mennyiségű vízzel locsoltuk a ládákat. További hipotézisünk volt, hogy a vegetatív egyedek levelei hamarabb jelennek meg, mint a virágzóké (3. hipotézis) és a vegetatív egyedek arányosan több levelet hoznak a következő vegetációs periódusban, mint a virágzók (4. hipotézis).

A csíráztatási kísérlet esetében a cél a magnyugalom pontos típusának meghatározása volt, továbbá a dormancia megszüntetésére a legmegfelelőbb kezelési módszer kiválasztása.

A kleisztogámia jelentőségét a 2021–22-es és 2022–23-as években sikerült bizonyítani. 2022-ben az 53 db termésből csak 1 db volt, ami föld feletti virágból képződött, a többi 52 db földben lévő virágtól származott. 2023-ban a 17-ből 12 db termés volt, ami föld feletti virágból fejlődött. Nem lehet azonban teljes biztonsággal kijelenteni, hogy ezek a termések ténylegesen felszín feletti virágból képződtek, mivel 2023-ban biztossá vált, hogy egy növénynek több virága is lehet a felszín felett is (2. ábra és Melléklet 8. ábra), a földben maradó virágok számára csak a tavasszal megjelenő termések számából tudunk következtetni. Nem tudjuk vizsgálni, hogy a felszín felett virágzó, tavasszal termést érlelő egyedeknek volt-e földben maradt virága, és ha volt, abból, vagy a föld feletti virágból képződött tavasszal a termés.

Egyértelmű kapcsolat mutatkozott a hagymaméret és a virágzási hajlam között, a nagyobb hagymával rendelkező egyedek javára. Az 1. feltevést, miszerint a nagyobb őszi

csapadékmennyiség növeli a virágzási hajlamot, nem sikerült igazolni, az őszi öntözés mennyiségének nem volt szignifikáns hatása a virágzásra. Szignifikáns hatást egyedül a hőmérsékletnek az egyes virágok élettartamára gyakorolt hatása esetében állapítottunk meg – ahogy a 2. hipotézisben szerepel – minél alacsonyabb volt a talajhőmérséklet a virág megjelenését követő időszakban, annál tovább tartott az egyedek virágzása.

Amikor a virágok átlagos megjelenését évenkénti bontásban néztük az első öntözéstől és a három ládát egyként kezeltük, szignifikáns különbséget kaptunk az egyes évek között (4. táblázat). Ezzel szemben nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a virágok megjelenési idejében a különbözőképpen öntözött ládánk között, azonos évekre nézve. Az eredmények azt mutatják tehát, hogy az őszi csapadék mennyisége nem befolyásolja jelentősen a virágok számát és megjelenési idejét.

Feltételeztük, hogy a virágzás befolyásolja az egyedek fenológiáját a további hajtásképzés során, azaz a vegetatív egyedek levelei korábban jelennek meg, mint az ősszel virágzó töveké (3. hipotézis), de ez csak 2020-ban történt így, 2021-ben és 2022-ben viszont nem.

A virágzás típusa (föld felett, földben) és a termés megjelenési ideje között nem találtunk szignifikáns összefüggést egyik vizsgálati évben sem, bár 2021-ben földben virágzó egyedek tokjai több mint egy hónappal korábban jelentek meg, mint a föld felett virágzó egyedek termései.

A 4. hipotézist – miszerint a vegetatív egyedek arányosan több levelet hoznak a következő vegetációs periódusban, mint a virágzók - a vizsgálat során nem igazoltuk. Épp ellenkezőleg, több levelük lett az előző évben virágzó (felszín felett virágzó és/vagy termést érlelő) egyedeknek, mint az előző évben megegyező levélszámmal rendelkező vegetatívoknak (föld felett nem virágzó, termést sem hozó növények). A hagymaméretnek is erőteljes befolyásoló hatása volt: 2021-ben, 2022-ben és 2023-ban egyaránt az előző évi levélszámhoz képest több levelet fejlesztettek a kisebb hagymamérettel rendelkező egyedek, mint a nagyobb hagymájúak.

A virágzás közben mért átlagos talajhőmérséklet termésképzésre gyakorolt hatását vizsgálva nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a termést képző és a megtermékenyítetlen egyedek csoportjai között, azaz eredményeink alapján a hőmérséklet nem befolyásolta jelentős mértékben a virágok termékenyülését.

A 2021-es év a 2020-as évhez viszonyított csekély virágzási arányára sajnos nem tudunk magyarázattal szolgálni, hiszen 2022-ben is relatíve sok volt a virágzó egyed. Az őszi csapadék, mint befolyásoló tényező elméletileg nem játszhat szerepet, mivel a ládákat a virágzási idő alatt a többi évvel megegyező ütemben és mértékben öntöztük. A két évet összehasonlítva ezért

leginkább a talajhőmérséklet alakulásában lehet különbségeket felfedezni. A csapadékot nézve viszont eredményeink alapján az valószínűsíthető, hogy inkább a vegetációs periódus alatt kapott mennyiség lehet hatással az őszi virágzásra, nem pedig a virágzás alatti és az azt közvetlenül megelőző időszaké. Minél több tápanyagot tud a növény a hagymában vagy hagymagumóban elraktározni, annál jobb kondícióban kezdi a virágzási időszakot és annál nagyobb az esély arra, hogy virágozni is fog.

Ezek alapján a továbbiakban érdemes lenne a vegetációs idő alatt kapott vízmennyiség hatását is vizsgálni.

A 2022-ben elvetett magok esetében egyes kezelések – különösen a szkarifikáció – jelentősen gyorsította a csírázást, már novemberben megjelentek az első magoncok. Eredményesség tekintetében ugyanakkor a termésérést követően rövidesen elvetett magok csírázásától messze elmaradt minden másik kezelés.

A fajra jellemző magnyugalom pontos típusa – az 1. csíráztatási hipotézissel ellentétben - eddigi adataink alapján a morfofiziológiai magnyugalom, ez a család többi faja között is gyakori magnyugalom-típus (BASKIN & BASKIN, 2014). A magban lévő embrió kezdetben még fejletlen, a teljes kifejlődéshez egy hosszabb, melegebb időszakra van szüksége. Az embrió kifejlődése után a mag még továbbra sem lesz csírázóképes, mivel az érést követően beáll a magnyugalom. A dormancia megszüntetésére jó módszernek bizonyult a szkarifikálás, illetve a szkarifikálás és az azt követő áztatás, azonban ezen korán megjelenő csíranövények száma jelentősen elmaradt a később csírázó szabadföldi kontroll magokhoz képest.

A természetes körülményeket utánzó, a nyarat szabadföldi körülmények között töltő magok jó csírázási aránya arra utal, hogy megfelelő időjárási körülmények között az apró vetővirág állományok jelentős mértékű reprodukív szaporodásra képesek termőhelyeiken.

A termésképzéssel kapcsolatos adatok és a különböző feltételek mellett végzett csíráztatások eredményei hozzájárulnak a faj biológiájának jobb megértéséhez és ezzel védelmét is segíthetik, valamint az esetleges kertészeti felhasználáshoz is adatokat szolgáltathatnak.

6. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk dr. Molnár V. Attilának a Debreceni Egyetem egyetemi tanárának az ex situ kísérlet ötletének felvetéséért és a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóságnak (különösen Mészáros András természetvédelmi őrnek) a kísérlet támogatásáért.

Szeretném megköszönni témavezetőmnek, dr. Bódis Juditnak az ex situ kísérletek során nyújtott szakmai útmutatását és segítségét. Külön szeretném megköszönni Pacsai Bálint PhD hallgató-, egyetemi tanársegédnek a statisztikai elemzések során nyújtott segítségét, szakértelmét és türelmét. Továbbá köszönöm Lábadi Vivien segítségét az ex situ kísérletek mérései során.

Munkámat a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem TDK felkészülési ösztöndíja támogatta a 2022/23 tanév I. és II. félévében.

MUNKÁM A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-23-1 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.



7. Felhasznált források jegyzéke

Baskin, J.M., Baskin, C.C. (2014): Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination, Second Edition. Academic Press – Elsevier, San Diego, p. 68.

Bánhegyi, J., Tóth, S., Ubrizsy, G., Vörös, J. (1985): Magyarország mikroszkópikus gombáinak határozókönyve. I-II. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1316 pp.

Ben-Zvi, G., Seifan, M., Giladi, I. (2021): Ant Guild Identity Determines Seed Fate at the Post-Removal Seed Dispersal Stages of a Desert Perennial. *Insects* 12(2): 147. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12020147>

Bronstein, J.L., Alarcón, R., Geber, M. (2006): The evolution of plant–insect mutualisms. *New Phytologist* 172: 412–428. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01864.x>

Csathó, A.J. (2005): A Battonya-tompapusztai löszpusztaréti élővilága. – Magánkiadás, Battonya, 128 pp.

Csontos, P. (2001): A természetes magbank kutatásának módszerei. [Methods for studying soil seed banks.] Scientia Kiadó, Budapest, 155 pp.

Csontos, P., Simkó, H. (2008): A magyar repcsény (*Erysimum odoratum* Ehrh.) csírázásbiológiájának vizsgálata. *Tájökológiai Lapok* 6(3): 247–253.

Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytac, Z., Adıguzel, N. (2000): Red Data Book of Turkish Plants. Turkish Association for the conservation of Nature, Bariscan Ofset, Ankara, Turkey, 246 pp.

Gage, E., Wilkin, P., Chase, M.W., Hawkins, J. (2011): Phylogenetic systematics of *Sternbergia* (Amaryllidaceae) based on plastid and ITS sequence data. *Botanical Journal of the Linnean Society* 166: 149–162. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12115>

Ghehsareh, M.G., Mahdavi, S.M.E., Peyrovan, A., Nafchi, M.G., Dunn, B.L. (2023): A prospective insight into the reproduction of *Sternbergia clusiana* K. Gawl.: an endangered species. *Canadian Journal of Plant Science*. e-First. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2023-0039>

Ghereg, M. (2022): Conservarea speciei *Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit. prin cultura in vitro. In: *Revista Botanică* 2(25): 17–23. DOI: [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2022.2\(25\).03](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2022.2(25).03)

Hajdu, F. (2021): A *Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit. elterjedésének és biológiájának vizsgálata, különös tekintettel a reprodukív jellemzőkre. Szakdolgozat, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely, 51 pp.

Höhn, M., Papp, L. ifj., Kovács, Zs., Németh, A., Pándi, I., Papp, L., Radvánszky, A., Zsigmond, V. (2020): Ex situ növénymegőrzés – Gyűjteményes kertek a növényvilág megőrzésért. Budapest, Magyarország: Magyar Arborétumok és Botanikus Kertek Szövetsége, 32 pp.

Kereszty, Z., Galántai, M. (1994): Hazai védett növényfajok ex-situ konzervációja. *Botanikai Közlemények* 81(2): 141–145.

Király, G. (szerk.) 2009: Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok, Aggteleki Nemzeti park Igazgatóság, Jósvalő, 616 pp.

Konečná, M., Moos, M., Zahradníčková, H., Šimek, P., Lepš, J. (2018): Tasty rewards for ants: differences in elaiosome and seed metabolite profiles are consistent across species and reflect taxonomic relatedness. *Oecologia* 188: 753–764. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4254-8>

Kovács, Zs., Barabás, S., Höhn, M. (2018): Az óriás útifű (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) csírázásbiológiai vizsgálatai. *Botanikai Közlemények* 105(2): 243–252. DOI: <https://doi.org/10.17716/botkozlem.2018.105.2.243>

Lengyel, Sz., Gove, A.D., Latimer, A.M., Majer, J.D., Dunn, R.R. (2010): Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12.1: 43–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.08.001>

Levine, N., Ben-Zvi, G., Seifan, M., Giladi, I. (2019): Investment in reward by ant-dispersed plants consistently selects for better partners along a geographic gradient. *AoB Plants* 11.3: plz027. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plz027>

Mikataдзе-Pantsulaia, T., Barblishvili, T., Japaridze, E., Kikvidze, M. (2016): Self-renewal capacity of several species of the genus *Sternbergia* possessing medicinal properties. *Journal of Agricultural Science and Technology* (6): 183–190. DOI: <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2016.03.005>

Molnár V., A., Mészáros, A., Csathó, A.I., Balogh, G., Takács, A., Löki, V., Lovas-Kiss, Á., Tökölyi, J., Somlyay, L., Bauer, N. (2018a): Distribution and seed production of the rare, dry grassland specialist *Sternbergia colchiciflora* (Amaryllidaceae) in Pannonian cemeteries. *Tuexenia* 38: 371–384. DOI: <https://doi.org/10.14471/2018.38.015>

Molnár, V.A., Mészáros, A., Csathó, A.I., Balogh, G., Csősz, S. (2018b): Ant species dispersing the seeds of the myrmecochorous *Sternbergia colchiciflora* (Amaryllidaceae). *North-Western Journal of Zoology* 14(2): 2565–2567.

Newton, R.J., Hay, F.R., Ellis, R.H. (2020): Temporal patterns of seed germination in early spring-flowering temperate woodland geophytes are modified by warming. *Annals of Botany* 125(7): 1013–1023. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa025>

Pénzes, A. (1934): Termés-ökológiai megfigyelések. *Botanikai Közlemények* 40: 28–33.

Peruzzi, L., Gargano, D., Bernardo, L. Tison, J.-M. (2006): Osservazioni distributive e cariologiche su *Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit. (Amaryllidaceae) nel Parco Nazionale del Pollino. (Distribution and karyology of *Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit. (Amaryllidaceae) within the Pollino National Park). *Informatore Botanico Italiano* 38(2): 537–539.

Peruzzi, L., Di Benedetto, C., Aquaro, G., Caparelli, K.F. (2008): The genus *Sternbergia* Waldst. & Kit. (Amaryllidaceae) in Italy. Contribution to the cytotaxonomical and morphoanatomical knowledge. *Caryologia* 61(1): 107–113.

DOI: <https://doi.org/10.1080/00087114.2008.10589616>

Peti, E., Schellenberger, J., Németh, G., Málnási Csizmadia, G., Oláh, I., Török, K., Czóbel, Sz., 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(1): 225–244.

DOI: https://doi.org/10.15666/aeer/1501_225244

Sernander, R. (1906): Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren. *Kungl. Evenska Vetensk. Handl.* 41: 1–410.

Sonkoly, J., Takács, A., Molnár, V., A., Török P. (2022): Trade of commercial potting substrates: A largely overlooked means of the long-distance dispersal of plants. *Science of the Total Environment* 825: 154093. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154093>

Soó, R. (1973): A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve, vol 5. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 101–102.

Szabó, F. (2021): A *Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit. biológiája, különös tekintettel a vegetatív jellemzőkre. Szakdolgozat, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely, 51 pp.

Török, P., Migléc, T., Valkó, O., Tóth, K., Kelemen, A., Albert, Á., Matus, G., Molnár V., A., Ruprecht, E., Papp, L., Deák, B., Horváth, O., Takács, A., Hüse, B., Tóthmérész, B. (2013): Seed weights support Social Behaviour Types - Analysis and new thousand seed weight records of the Pannonian flora. *Acta Botanica Hungarica* 55: 429–472.

DOI: <https://doi.org/10.1556/ABot.55.2013.3–4.17>

Törő-Szijgyártó, V., Balogh, N., Henn, T., McIntosh-Buday, A., Sonkoly, J., Takács, A., Kovacsics-Vári, G., Cando, P.D., Molnár V., A., Matus, G., Teleki, B., Süveges, K., Lukács B.A., Lovas-Kiss, Á., Tóthmérész, B., Tóth, E., Tóth, K., Török, P. (2023): New thousand-seed weight dataset for plant species of Central Europe. *Data in Brief* 48: 109081.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109081>

Vuković, N., Šegota, V., Brana, S. (2017): Data deficient *Sternbergia colchiciflora* Waldst. & Kit. (Amaryllidaceae) in Croatian flora, removing the veil of mist. *Natura Croatica* 26(2): 261–269. DOI: <https://doi.org/10.20302/NC.2017.26.20>

Warburg, O. (1892): Ueber Ameisenpflanzen (Myrmekophyten). *Biologisches Centralblatt* 12: 129–142.

Youssef, S., Mahmoud, A.M., Vela, E. (2017): On the genus *Sternbergia* (Amaryllidaceae) in Iraq. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 74(1): e053.

DOI: <https://doi.org/10.3989/ajbm.2451>

Zubov, D., Blasi, A.T., Mishustin, R. (2022): *Sternbergia mishustinii* (Amaryllidaceae): a new species from the Mersin Province in southern Turkey. *Kew Bulletin* 77(1): 317–323. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12225-022-10013-8>

Internetes források:

INTERNET1: <https://termeszetvedelem.hu/talalati-oldal/?type=vedett-fajok&id=601>

INTERNET2: <https://www.bfnp.hu/en/termeszeti-ertek/vetovirag>

INTERNET3: <https://ng.24.hu/termeszeti/2019/09/14/a-kora-osz-apro-viraga>

INTERNET4: <http://molnar-v-attila.blogspot.com/2016/06/a-vetovirag-uszogombaja.html>

INTERNET5: <https://ser-sid.org/>

INTERNET6: <https://uol.de/en/landeco/research/leda/data-files>

INTERNET7: <https://padapt.eu/sternbergia-colchiciflora-waldst-et-kit.html>

Melléklet



1., 2., és 3. ábra: A faj nehéz észlelésének demonstrációja egy budakeszi állománynál, 2023. szeptember 29.



4. ábra: Egy 4 terméses, ikertokkal rendelkező egyed az egyik ládában, 2022-ben (Kép: Pacsai Bálint)



5. ábra: 3 termékes egyed természetes élőhelyen, Budakeszi, 2023. április



6. ábra: Magoncok természetes élőhelyen, Budakeszi, 2023. április



7. ábra: Virágzó egyedek a ládákbán, 2022. ősz



8. ábra: 2023. őszén virágzó egyedek



9. ábra: Kontroll cserépben növény csíranövény, 2023.03.08-án (balra)
 10. ábra: a 2021-es vetésből származó magoncok 2023.01.16-án (jobbra)



11. ábra: Kontroll cserépben növény magoncok 2023.03.22-én