

**NÉGY ZAVARÁSTŰRŐ LÁGYSZÁRÚ FAJ MAGBANKJÁNAK JELLEMZÉSE –
EGY 19 ÉVIG TARTÓ ELTEMETÉSES KÍSÉRLET EREDMÉNYEI**CSONTOS Péter¹, KALAIPOS Tibor², TAMÁS Júlia³¹Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet
1022 Budapest, Herman Ottó út 15. e-mail: cspeter@rissac.hu²ELTE, Biológiai Intézet, Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány. 1/c.³Magyar Természettudományi Múzeum, Növénytár
1087 Budapest, Könyves Kálmán körút. 40.**Kulcsszavak:** *Cardamine impatiens*, *Geum urbanum*, magtúlélési kísérlet, perzisztens magbank, *Rumex sanguineus*, üvegházi hajtatas, *Verbascum austriacum*

Összefoglalás: Jelen dolgozatunkban négy erdei lágyszárú, Simon természetvédelmi-érték besorolása szerint zavarástűrő faj: a *Cardamine impatiens* L., a *Geum urbanum* L., a *Rumex sanguineus* L. és a *Verbascum austriacum* Schott talajmagbankjának tulajdonságairól számolunk be. Az említett fajok magtúlélési képességét eltemetési kísérletben vizsgáltuk. Frissen gyűjtött magvaikat sterilizált homokkal elkeverve, majd agyagcserepekbe töltve 0,65 m mélyen eltemettük, tíz ismétlésben, esetenként 100-100 magot felhasználva. Fajonként 1-1 százmagos tételt ástunk elő az eltemetést követő 1., 2., 3., 4., 6. és 19. évben, majd azokat üvegházi körülmények között csíráztattuk. A *C. impatiens* magbankja rövid távú perzisztensnek bizonyult. Ennél a fajnál ez feltehetőleg két ellentétes hatás eredőjeként jött létre, mivel az erdei környezet inkább a tranzien magbank típusnak, ugyanakkor a faj kétéves életformája és a bolygatottabb élőhelyeken való előfordulása viszont inkább a hosszú távú perzisztens magbank típusnak kedvezne. A *G. urbanum* esetében hosszú távú perzisztens magbankot igazoltunk, ami az első ilyen közlés a fajra vonatkozóan. Megjegyzendő, hogy a lapos és megnyúlt magvú fajok esetében az ilyen magbank típus viszonylag ritka, tehát a *G. urbanum* kivételes viselkedésének mondható. A *V. austriacum* magbankja, más, korábban vizsgált ökörfarkkóró fajokéhoz hasonlóan kitűnő magtúlélő képességet mutatott, a 19. évben is gyakorlatilag az első évvel megegyező arányban csírázott. A *R. sanguineus* esetében a szakirodalomban mindhárom fő magbank típusra nézve találunk közléseket. Eredményeink szerint ez a faj egyértelműen képes fenntartani hosszú távú perzisztens magbankot a talajban. Magvai 19 év elteltével is 43 százalékban csíráztak. Dolgozatunkban mérlegeljük még az eltemetési magbank vizsgálatok használhatóságát a fajok magbank típusának feltárása szempontjából.

Bevezetés

A természetes magbank, ezen belül is a perzisztens típusú talajmagbank (Thompson 1993) fontosságát a növények életében nem nehéz felismerni. A magvas növényfajok (*Spermatophyta*) igen jelentős hányada esetében a magbankban eltöltött életszakasz a legalkalmasabb arra, hogy segítségével a növény átvészelve a kedvezőtlen időszakokat, illetve azok elmúltával megújítsa állományát (Luzuriaga et al. 2005, Kiss et al. 2018). Erre lehet példa a faj egyes állományainak lokális pusztulása szélsőséges időjárási viszonyok miatt, amire egyre gyakrabban számíthatunk, mivel az utóbbi évtizedekben az éghajlat-ingadozások mértéke fokozódni látszik, és a közeli jövőben is ez a tendencia valószínűsíthető (Trnka et al. 2014, Mika és Farkas 2017).

Jelentőségénél fogva a talajmagbank tudományos vizsgálata már a múlt század közepén elindult, eleinte inkább a megművelt területekre fókuszálva (Champness és Morris 1948, Bencze 1956). Szélesebb körű kutatása – különösen ha a vegetációtudomány szemszögéből nézzük – nagyjából Thompson és Grime 1979-es cikke megjelenésének idejére tehető. Ezután már egyre több talajmagbank vizsgálattal találkozhatunk, melyeknek egy átfogó összegzése is megjelent a 20. század utolsó éveiben (Thompson et al. 1997). Már az eddigi évtizedekben is a legjellemzőbb vizsgálati módszer az üvegházi hajtatas volt, háttérbe szorítva (véltetően annak időigényessége miatt) az eltemetési vizsgálatokat (Thompson et al. 1997, Csontos

2000a,b).; és ez a viszony a két módszer között minden bizonnyal a jövőben is megmarad. Ennek ellenére az eltemetéses kísérletek nagyon hasznos információt szolgáltatnak a fajok magtúlélési képességéről, mivel ismert számú mag ismert időtartamú vizsgálatát teszik lehetővé.

Jelen munkánkban négy erdei, erdőszéli, Simon (1992) szerint zavarástűrő lágyszárú faj eltemetéses magbank vizsgálatáról számolunk be. A négy fajt többféle, magbank-ökológiában érvényes szabály tesztelésének céljával választottuk ki, az alábbiak szerint:

- 1) Ismert, hogy a lapos és megnyúlt magalakkal bíró fajok jóval ritkábban tartanak fenn perzisztens magbankot a talajban, mint a kicsiny és gömb alakú maggal rendelkezők (Thompson et al. 1993). Azonban a zavarástűrő fajok általában jó magbank képességekkel bírnak. A *Geum urbanum* L. kiválasztásával arra kerestünk választ, hogy vajon a megnyúlt és lapított egymagvú termés alakja, vagy a zavarástűrő ökológiai jellem nyomja rá inkább bélyegét e faj magbankjának típusára?
- 2) A kétéves (*Hemitherophyta*) fajok életükben csak egyszer hoznak termést, ahogyan az egynyári növények, ehhez azonban két szezonon át kell növekedniük, így sikeres magtermésük az egynyáriakénál is bizonytalanabb kimenetelű. Ezzel is összefügghet, hogy több képviselőjük esetében (pl. *Arctium lappa* L., *Verbascum thapsus* L., *Onopordon acanthium* L.) hosszú távú perzisztens magbankot találtak (Toole és Brown 1946, Thompson et al. 1997, Csontos 2001). A felsorolt fajok azonban nyitott, szélsőségeknek kitett élőhelyek növényei, ami az életformától függetlenül is előtérbe hozhatja a tartós magbank kialakításának képességét. Ezért érdemesnek találtuk egy kiegyenlítettebb, erdei környezetben élő kétéves faj, a *Cardamine impatiens* L. magtúlélési képességének vizsgálatát.
- 3) A *Verbascum* nemzetség több fajáról kimutatták az extrém hosszú ideig kitartó perzisztens magbankot (Telewski és Zeevaart 2002). Az eddig vizsgált fajok azonban kétévesek voltak, így az élethossz és a magbank építő képesség között fennálló fordított összefüggés miatt, esetükben nem meglepő a hosszú távú perzisztens magbank megléte (Csontos 2006a, 2010). Kérdéses viszont, hogy milyen magbankot találunk egy évelő ökörfarkkóró, a *Verbascum austriacum* Scott esetében?
- 4) Thompson és mtsai (1997) adatbázisa nyolc *Rumex*-fajról tartalmaz magbank típus adatokat. Ezek között több fajjal kapcsolatban igen hosszú, 20, 40, sőt 80 évig elhúzódó magtúlélésre vonatkozó adatok is szerepelnek. A *Rumex sanguineus* L.-t négy alkalommal vizsgálták különböző kísérletekben, amelyek közül a leghosszabb magtúlélést (ahol 5 év után a vetett mennyiség 2,5%-a csírázott) Roberts és Neilson (1980) közölték, míg két másik esetben csak rövid távú perzisztenciát tudtak kimutatni. Feltételezésünk szerint, a nemzetség többi fajához hasonlóan, a *R. sanguineus* is képes lehet az eddig tapasztaltaknál hosszabb idejű magtúlélésre, ezért ezt a fajt is bevontuk a kísérletsorozatunkba.

Anyag és módszer

A *Geum urbanum*, a *Cardamine impatiens*, a *Verbascum austriacum* és a *Rumex sanguineus* tesztfajok magvait az 1992-es vegetációs időszakban gyűjtöttük be (1. táblázat), és november 26-ig papírzacsokban, szobahőmérsékleten (20–21 °C-on) tároltuk. A *G. urbanum* esetében az egymagvú termésekkel dolgoztunk, a csoportos aszmag terméseket (Penksza 2018) külön kezelve, mivel ez képezi a faj terjesztőképletét, de a könnyebbség érdekében a továbbiakban minden faj esetében egységesen a mag megnevezést használjuk. November 26-án fajonként 11 ismétlésben 100-100 magot tartalmazó mintákat különítettünk el. Fajonként 1-1 százmagos mintát rövid hidegkezelésnek tettünk ki az alábbi módon: nov. 28-tól dec. 1-ig, +10 °C; dec. 1-től 1993. jan. 31-ig, +5 °C; jan. 31-től febr. 1-ig, +10 °C. Ezután a magokat laboratóriumi

körülmények között csíráztattunk (fény, 28 °C, 12h / sötét, 23 °C, 12h) az életképesség ellenőrzése céljából. A többi százmagos mintát 1992. november 26-án sterilizált homokkal elkeverve, 10 ismétlést kialakítva, virágcserepekben helyeztük el, melyeket – a talajlakó állatok távoltartása érdekében – sűrű szövésű műanyag hálósával zártunk le. A cserepeket 1992. december 7-én, 0,65 m mélyre elástuk a Budakeszihez tartozó Makkosmária római katolikus templomának kertjében (a minták elásásának napja egy korábbi közleményben - Csontos 2004 - hibásan szerepel; a helyes dátum az itt közölt 1992. december 7.). Ez az elásási mélység alkalmas arra, hogy a magvak nyugalmi állapotát előidézzék, illetve fenntartsa (Fenner 2000).

Az egyes ismétlések előásására 1993-tól 1996-ig évente, valamint még 1998-ban és 2011-ben, tavaszi időpontokban került sor a 2. táblázatban feltüntetett napokon. Az elővételi alkalmak így az elásástól számítva, rendre 1, 2, 3, 4, 6, és 19 év elteltével történtek. Megjegyezzük, hogy 2000. március 24-én a mintákat tartalmazó ládát (egy hamarosan kezdődő tereprendezés miatt) ki kellett emelnünk a makkosmáriai templomkertből. A ládára a kiemelés után fekete nejlonzsákot húztunk, majd másfél óra szállítás után (eközben a külső léghőmérséklet kb. 15 °C volt) az ELTE Növényrendszertani Tanszékén egy hűtőszekrénybe tettük, ahol +10 °C-on tároltuk a rákövetkező napig. Március 25-én a ládát az ELTE Fűvészkert félreeső helyén ismét elástuk. A láda hűtőszekrényből történt elővétele és az új helyen való eltemetése között 1 óra telt el, eközben a külső léghőmérséklet +10 °C volt, ezért úgy gondoljuk, hogy a magtétélek számottevő hőingadozáson – ami érdemlegesen hathatott volna a magnyugalomukra – nem mentek keresztül. A 2011-ben elővett magminták tehát 11 évet már a Fűvészkert talajában töltöttek, szintén 65 cm-es mélységben.

1. táblázat Az eltemetési kísérlethez felhasznált magminták származása
Table 1. Collection data for seed samples involved in the long term burial experiment

Faj	Gyűjtési hely	Gyűjtés napja
<i>Geum urbanum</i> L.	Budai-hg., Huszonnégyökrös-hegy	1992. július 8.
<i>Cardamine impatiens</i> L.	Visegrádi-hg., Lepence-p. völgye	1992. június 23.
<i>Verbascum austriacum</i> Schott	Visegrádi-hg., Pilisszentlászló	1992. szeptember 12. és 26.
<i>Rumex sanguineus</i> L.	Visegrádi-hegység, Hegytető	1992. augusztus 14.

2. táblázat Az 1992-ben eltemetett magvakkal végzett üvegházi csíráztatási kísérletek ütemezése
Table 2. Timing of the greenhouse germination experiments. Seeds were buried on 7th December, 1992

Év	Elővétel napja	Csíráztatás	
		elindítása	befejezése
1993	április 21.	április 26.	október eleje
1994	április 30.	május 3.	november 23.
1995	március 28.	március 29.	november 9.
1996	március 25.	március 29.	október 1.
1998	április 15.	április 15.	november 6.
2011	március 24.	március 28.	2012. nov. 9.

A kiásást követően, néhány napon belül a magvakat tartalmazó homokot virágföld és perlit 2:1 arányú keverékével 4–5 cm vastagon feltöltött csíráztató ládák felszínén (27×57 cm) terítettük szét. 2011-ben csak bolti virágföldet használtunk, perlit hozzáadása nélkül. A csíráztató ládákat az első öt kísérleti évben az ELTE Fűvészkert üvegházában, 2011-ben pedig az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetének üvegházában helyeztük el. Az üvegházi hajtás előnye, hogy a mélyből előhozott magokat jóval nagyobb napi hőingadozás éri, valamint napszakos ritmusban fényt is kapnak, s e két tényező a legtöbb faj esetében a magnyugalom megszűnését, a csírázás megindulását eredményezi (Thompson és Grime 1983, Mojzes és Kalapos 2004, Kovács et al. 2018).

A kísérlethez használt virágföld esetleges gyommagtartalmának ellenőrzése céljából a tesztfajok ládái mellett egy olyan ládát is elhelyeztünk, amelybe csak az adott évben alárétegzéshez használt földet (földkeveréket) tettünk. A ládákat azonos fényviszonyok mellett tároltuk és igény szerint öntöztük (rendszerint napi egy alkalommal). Az üvegházi exponálás az első öt kísérleti évben egy vegetációs időszakig, míg a 2011-es elővétel esetében két vegetációs időszakig tartott (2. táblázat). Eközben a csírázást eleinte hetenként, később kéthetenként regisztráltuk, a már azonosítható példányokat folyamatosan eltávolítottuk (illetve kisebb részben külön cserépbe átültettük). Az itt leírtakhoz hasonló kísérletekről korábban már jelentek meg közlemények, ezekben a magminták eltemetésének és az előásás utáni csíráztatásának a körülményei szintén részletesen ismertetésre kerültek (Csontos 2006 a, b).

Eredmények

Az előzetes, laboratóriumi csíráztatási tesztben – bár különböző mértékben – mind a négy faj jól csírázott. Legnagyobb arányban a *G. urbanum* (80%), legkevésbé a *R. sanguineus* (22%; 3. táblázat). Ez egyben megnyugtató eredmény arra vonatkozóan, hogy életképes magtétélek kerültek eltemetésre. Az üvegházi csíráztatások során a minták mellé elhelyezett kontroll talajokból csak néhány faj, többségükben közönséges gyomnövények csíranövényei bukkantak elő. Ezekről korábban összefoglaló táblázat jelent meg, egy az ittenivel megegyező jellegű kísérlet eredményeinek ismertetésekor (Csontos 2001), ezért a megfigyelt csíranövényeket itt nem listázzuk, de megjegyezzük, hogy azok közül egy sem tartozott a jelen dolgozatunkban elemzett négy fajhoz.

3. táblázat Négy erdei zavarástűrő faj csírázási százaléakai az előzetes csíráztatás (0. év) alkalmával, valamint a különböző előásási időpontokban

Table 3. Germination percentages of four disturbance tolerant forest herb species, during the preliminary test, prior to burial, and after different number of years the seeds spent buried in the soil

Faj	Előzetes csíráztatás	Eltemetve töltött évek száma					
		1	2*	3	4	6	19**
Csírázási százalék (%)							
<i>Geum urbanum</i>	80	68	10	50	34	15	7 (4+3)
<i>Cardamine impatiens</i>	70	35	15	37	28	0	1 (1+0)
<i>Verbascum austriacum</i>	27	9	1	14	7	5	8 (7+1)
<i>Rumex sanguineus</i>	22	70	19	78	94	38	43 (35+8)
Átlagos csírázási százalék	49,75	45,00	11,25	44,75	40,75	14,5	14,75

* A kísérlet második évében egy kora tavaszi hóhullám miatt a csíranövények egy része feltehetőleg még a talajfelszínre bukkánása előtt elpusztult.

** A 19 év eltemetés után elővett magok csírázását két éven át figyeltük. Zárójelben az 1. és a 2. megfigyelési évben regisztrált csíranövények száma szerepel.

A négy faj magtétéleinek az eltemetést követő hat különböző előásási időpontban mutatott csírázási százalékeit a 3. táblázat ismerteti. Összességében a négy faj átlagos csírázóképesége az egyéves eltemetés után mutatkozó 45%-ról a 19. évre 15% körüli értékre csökkent. Fontosabbnak tartjuk azonban az egyes fajok egyedi viselkedéséről kapott adatokat. A kezdetben – vagyis egy év eltemetés után – jelentős (68%) csíranövény számot produkáló *G. urbanum* a 19. évre 7%-os csírázásra esett vissza. Az első évben szintén nagyon jól csírázó *R. sanguineus* (70%) az utolsó vizsgálati évben még mindig 43%-os csírázóképeséget mutatott (1. ábra). A *V. austriacum* csíranövényeinek száma végig alacsony értékek körül fluktuált, de lényegében a 19. év után is a kezdeti értékkel azonosnak tekinthető eredményt adott (9% és 8%) (1. ábra). Ennél a fajnál néhány csíranövényt a teljes virágzásig felneveltünk (2. és 3. ábrák). A vizsgált fajok közül a *C. impatiens* az egyetlen, amelynek a csírázóképesége a

kísérlet időtartama alatt megszűnni látszik. Az első évben tapasztalt 35%-hoz képest a negyedik évben mutatott 28%-os teljesítménye még számottevőnek mondható, de az ezt követő, hatodik évi előásás alkalmával már egyetlen csíranövénye sem jelentkezett. A 19. évben ugyan ismét tapasztaltuk 1 db csíranövény megjelenését, de ennek jelentősége megkérdőjelezhető. A vizsgált fajokra vonatkozó korábbi magbank típus besorolásokat (Thompson et al. 1997 munkája nyomán), valamint a jelen kísérlet alapján megállapítható magbank típust a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat A vizsgált erdei lágyszárúak magbank típusa Thompson et al. 1997 munkája, valamint a jelen vizsgálat adatai alapján. A számértékek az adott besorolásra tett javaslatok számát (gyakorlatilag az adott típust jelző publikációk darabszámát) jelentik az észak- és nyugat-európai fajokra vonatkozó adatbázis szerint.

T = tranziens magbank, SP = rövid távú perzisztens magbank, LP = hosszú távú perzisztens magbank, Pr = kimutatott, de típusba nem besorolható magbank

Table 4. Classification of the studied forest herb species according to soil seed bank types based on the database of the North West European flora (Thompson et al. 1997), and based on the data reported in the present paper.

T = transient seed bank, SP = short-term persistent seed bank, LP = long-term persistent seed bank, Pr = seeds present but cannot be assigned to one of the three seed bank types

Faj	Thompson et al. (1997) adatbázisa nyomán				Jelen vizsgálat alapján
	T	SP	LP	Pr	
<i>Geum urbanum</i>	8	2	-	2	LP
<i>Cardamine impatiens</i>	1	1	-	-	SP
<i>Verbascum austriacum</i>	-	-	-	-	LP
<i>Rumex sanguineus</i>	1	2	1	1	LP



1. ábra Az eltemetett, majd 19 év után előásott magtetelekből fejlődésnek indult, többleveles *Rumex sanguineus* (5 példány) és *Verbascum austriacum* (3 példány) csíranövények az üvegházi hajtás során (Csontos P. felvétele)

Figure 1. Five developing seedlings of *Rumex sanguineus* and three of *Verbascum austriacum* during the greenhouse germination test of the seed samples re-captured after 19 years of intentional burial in soil (photo by P. Csontos)



2. ábra Az eltemetett, majd 19 év után előásott *Verbascum austriacum* magokból kifejlődő egyik növény, teljes virágzásban (Csontos P. felvétele)

Figure 2. A *Verbascum austriacum* specimen in full bloom. The plant was developed from seed exhumed after 19 years of burial (photo by P. Csontos)



3. ábra A talajban 19 évet eltöltött, majd üvegházban csíráztatott magokból kifejlődő egyik *Verbascum austriacum* példány virágzata közelről (Csontos P. felvétele)

Figure 3. Close-up of a flowering *Verbascum austriacum* individual which developed from a seed buried for 19 years in the soil and then germinated in a greenhouse (photo by P. Csontos)

Az eredmények értékelése

A vizsgált fajok összességét tekintve megfigyelhető csökkenő csírázási százalékok a várható eredményt tükrözik. Más szerzők hasonló hosszú távú kísérleteiben is egyértelműen megfigyelhető ez a tendencia (pl. Telewski és Zeevaart 2002). Számunkra azonban fontosabbak az egyes hipotézisek szerint kiválasztott fajok eredményei, így az értékelés során ezek megvitatására fordítunk nagyobb figyelmet.

- 1) A *Geum urbanum* esetében Thompson és mtsai. (1993) megállapításából indultunk ki, mely szerint a lapos, illetve megnyúlt magok esetében a tranziens magbank a valószínűbb. Erre utaló megfigyeléseket később más kutatók is publikáltak (Funes et al. 1999, Cerabolini et al. 2003). Azonban mindhárom idézett elemzés sok faj adatainak együttes vizsgálatán alapult, ami a fajok többségére jellemző tendenciák feltárásának kiváló módszere, ugyanakkor elfedi az átlagtól eltérő (esetleg éppen ellentétesen viselkedő) fajok, vagyis a kivételek meglétét. Egy korábbi hazai vizsgálatban ilyen kivételes viselkedésű fajnak mutatkozott a szíriai selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.; Csontos 2001). Jelen vizsgálatsorozatunk eredménye szerint szintén kivételnek tekinthető fajnak számít a *G. urbanum* is, miután az eltemetést követő 6., sőt a 19. évben is csírázott (15, illetve 7 százalékban). Tehát kissé lapított és emellett jelentősen megnyúlt magjai ellenére hosszú távú perzisztens magbank fenntartására képes, ami azt jelenti, hogy esetében a zavarástűrő életmódhoz illeszkedő magbank jelleg felülírta a mag morfológiája alapján várható viselkedést. Az európai fajok legnagyobb magbank típus adatbázisa a *G. urbanum*-ról főleg tranziens és kisebb részben rövid távú perzisztens magbankra utaló megfigyeléseket közöl (Thompson et al. 1997). A későbbi időszakban megjelent irodalomban sem találtunk ennél hosszabb magtúlélésre utaló adatot, így az itt kimutatott hosszú távú perzisztens magbank a *G. urbanum* esetében első közlésnek tekinthető.
- 2) A *Cardamine impatiens*-t Simon (1992) természetes zavarástűrőnek, Borhidi (1993) tág tűrésű generalistának tekinti. Az ilyen ökológiai jellemmel rendelkező fajok esetében a jól fejlett hosszú távú perzisztens magbank nem volna meglepő. Árnyéktűrő erdei fajként azonban a virágrúgó kakukktorma a gyengén fejlett, esetleg csak tranziens magbankú fajok csoportjába is tartozhatna, mivel nagyon sok zárt erdei lágyszárú faj esetében írták már le a perzisztens magbank hiányát, vagy csak rövid távú perzisztens magbank jelenlétét (Pickett és McDonnell 1989, Csizsár 2004). Korábbi szerzőktől származó két adata is ezt tükrözi: egyik esetben tranziensként, egy másik közleményben pedig rövid távú perzisztens magbankú fajként említik (4. táblázat). Vizsgálataink szerint a *C. impatiens* magbankja tipikusan rövid távú perzisztensnek tekinthető. Az első négy évben magjai jól csíráztak, majd ezt követően elvesztették csírázókéességüket. A 19. évben megfigyelt csíranövény származhatott egy kivételesen hosszan elfekvő magból, de jelen esetben, mivel egyetlen magoncról van szó, a kísérleti hiba sem zárható ki, ugyanis a virágrúgó kakukktorma időnként üvegházi gyomként is előfordulhat. Tehát ebben az esetben úgy látszik, hogy a két ellentétes hatás (zavarástűrő fajhoz illő hosszú távú, ill. erdei fajként csupán tranziens magbank) eredőjeként a *C. impatiens* köztes jellegű magbankkal rendelkezik.
- 3) A W. J. Beal által elindított mag eltemetési kísérletben a *Verbascum blattaria* L. 120 évet elérő perzisztens magbankját igazolták (Telewski és Zeewaart 2002). Toole és Brown (1946) a *Verbascum thapsus* L. magvainak 39 éves túlélőképességéről számoltak be, szintén eltemetési kísérlet alapján. Utóbbi fajra vonatkozóan Ødum (1965) 100 évet meghaladó magtúlélési adatokat is közölt, jól datálható archeológiai helyszínekről kiemelt talajminták csíráztatása alapján. A *Verbascum sinaiticum* Benth. esetében 9 évig megmaradó csírázókéesség mutatkozott, bár ezúttal szárazon,

szobahőmérsékleten tárolt magok esetében (Hegazy 2000). Megint csak eltemetéses kísérletben a *Verbascum lychnitis* L. magjai 8 év után 9%-os arányban csíráztak (Csontos et al. 2016). Tehát az eddig megvizsgált ökörfarkkóró fajok a jelek szerint hosszú távú perzisztens magbankot tartanak fenn. Vajon ez alapján általánosíthatjuk-e ezt a magbank stratégiát az egész *Verbascum* nemzetségre? A kérdés szempontjából fontos, hogy a fent ismertetett közlemények egytől egyig kétéves életformájú fajokra vonatkoztak. Viszont a nemzetség évelő, sőt félcserje életformájú fajokat is tartalmaz, márpedig a fajok várható életideje és magbankjuk perzisztenciára való hajlama között fordított összefüggés áll fenn (Csontos 2010). A *Verbascum austriacum*, vagy más évelő ökörfarkkóró hosszú távú perzisztenciájáról közvetlen adatokat a nemzetközi irodalomban nem találtunk. Sendtko (1999) azonban kimutatta felhagyott szőlők talajának mélyebb rétegeiből, ami tartós magtúlélésre utaló jel; továbbá a jelen dolgozatban tárgyalt kísérletsorozat korábbi szakaszáról közölt cikkben már megállapításra került, hogy a *V. austriacum* magbankja képes legalább rövid távú perzisztenciára (Csontos 1998). A jelenlegi adatok az osztrák ökörfarkkóró magjainak 19 éves túlélését bizonyítják, ráadásul az adatsorból az is kitűnik, hogy az eddig eltelt évek alatt a magtélélek csírázási százaléka nem csökkent. Ezáltal a faj hosszú távú perzisztens magbankját igazoltnak látjuk. Az évenként megfigyelt viszonylag alacsony értékek, melyek átlaga 7,3%, nem mondanak ellent a hosszú távú perzisztencia képességének, sőt, bizonyos mértékben inkább megerősítik azt, hogy fajtársaihoz hasonlóan a *V. austriacum* is valószínűleg igen hosszú magtúlélésre képes. Meglehetősen gyakori ugyanis, hogy a hosszú magtúlélést mutató fajok egyben arra is hajlamosak, hogy a kedvező csírázási körülmények ellenére is az adott évben csak magjaiknak egy csekély hányada indul csírázásnak a magbankból (v.ö. „risk spreading” magbank stratégia; Grubb 1988).

- 4) A *Rumex sanguineus* magbank viselkedésére vonatkozóan az irodalmi adatok között mindhárom típusba történt besorolás, az adatok súlypontja pedig a rövid távú perzisztenciára esik. Ugyanakkor a nemzetség más fajai esetében jelentős magtúlélés vált ismertté. *Rumex acetosella* L., >10 év (Madsen 1962); *Rumex crispus* L., 80 év (Kivilaan és Bandurski 1981); *Rumex obtusifolius* L., >39 év (Toole és Brown 1946). Jelen kísérletsorozatban a *R. sanguineus* magjai 19 év után még mindig 43 százalékos csírázóképeséget mutattak. Ez a fajról közölt eddigi leghosszabb magtúlélési adat, és mindenképpen azt jelzi, hogy a *R. sanguineus* magbankja hosszú távú perzisztenciára képes. Így a rokon fajok irodalmi adataira alapozott feltételezésünk beigazolódt.

Eredményeinket az eltemetéses kísérlet, mint vizsgálati mód szempontjából vizsgálva, egyrészt meg kell említeni, hogy egyes szerzők az eltemetéses kísérletekben megállapított magtúlélési adatokat fenntartásokkal fogadják. Kételyeiket egyrészt arra alapozzák, hogy a mesterséges eltemetés túlságosan is kedvező körülményeket biztosít a magtúléléshez (pl. a magpredáció minimalizálásával, vagy a talajfelszínre érő, gyakran szélsőséges körülmények tompításával). Másrészt, arra is van utalás, hogy olyan mélységből, amit a klasszikus eltemetéses kísérletekben alkalmaznak, a természetben csak elenyésző esélye volna egy magnak arra, hogy onnan ismét a felszínre kerüljön (Harper 1977). Mindezek ellenére úgy gondoljuk, hogy az ismert mennyiségben eltemetett magvak, és az eltemetésben eltöltött idő hosszának biztos ismerete olyan előny, ami kompenzálja az előbbieken említett hátrányokat. A magvak mélyebb rétegekből való természetes előkerülése pedig, ha ritkán is, de megtörténik, pl. kotorek ásó állatok, vagy nagy testű giliszták talajmozgatása révén. Emellett a talajmozgással járó árvizek és egyéb szélsőséges természeti események bekövetkezése is okozhatja a magvak felszínre jutását, és nyilvánvalóan mindez bekövetkezhet a mezőgazdasági területeken is (Tóth et al. 2011). Végeredményben, ha egy faj biológiájában kódolt, és a természetben (nem génbanki körülmények között) lehetséges maximális

magtúlélését nézzük, akkor erre vonatkozóan az eltemetési kísérletek érdemleges adatokkal szolgálnak.

Következtetések

A *Geum urbanum* magbank típusának vizsgálatával egy újabb kivételes viselkedésű fajt találtunk, rámutatva arra, hogy a magbank ökológában ismert, és számos faj esetében egyébként érvényesülő szabály, mely szerint a lapos, illetve megnyúlt magvú fajok általában a tranziens magbank típusba tartoznak, nem minden faj esetében érvényesül. A *G. urbanum* bolygatott helyeken előforduló növény, és ez a körülmény feltehetőleg szerepet játszik abban, hogy magjai – hasonlóan más, zavart helyeken élő fajokéhoz – hosszú távú perzisztenciára képesek.

A *Cardamine impatiens* esetében két, a magbank típusra ellentétesen ható körülménnyel kellett számolnunk. Egyrészt a faj kétéves, továbbá kissé bolygatott helyek lakója, amely körülmények a hosszú távú perzisztencia kialakításának kedveznek, másrészt viszont erdei környezetben él, ami sok faj esetében feleslegessé teszi a hosszú távú perzisztenciát, mivel az erdők stabilnak tekinthető miliójében adottak az utód generációk felnövekedéséhez szükséges körülmények. Vizsgálataink a *C. impatiens* rövid távú perzisztens magbankját igazolták, amit a két ellentétes hatás eredőjeként értelmezhetünk.

A *Verbascum austriacum* magbankja esetén kimutatott hosszú távú perzisztencia tovább erősíti e nemzetséggel kapcsolatban azt a feltételezést, hogy az ide tartozó fajok magjai rendkívül hosszú túlélőképességet mutatnak. Figyelemre méltó eredmény az is, hogy az eddig megvizsgált kétéves életformájú ökörfarkkórók mellé most már az évelő lágyszárú *V. austriacum*-ot is felsorolhatjuk, mint hosszú távú perzisztens magbankot fenntartó fajt.

A *Rumex sanguineus*-ra nézve a szakirodalomban mindhárom fő magbank típusra vonatkozóan találtunk közleményeket, és ezek súlypontja a rövid távú perzisztenciára esett. Eredményeink alapján ez a faj, bár erdei környezetben fordul elő, mégis képes a talajban hosszú távú perzisztens magbankot fenntartani – hasonlóan más, réti környezetben, vagy éppen ruderalis élőhelyeken előforduló fajtársaihoz. Tehát, némileg az ökörfarkkórókhoz hasonlóan, itt is érzékelhető egy nemzetség szinten megnyilvánuló képesség a hosszú távú perzisztens magbank fenntartására.

Adataink újszerűségével kapcsolatban elmondható, hogy a *G. urbanum* esetében először került közlésre hosszú távú perzisztens magbank típus. A *C. impatiens*-re és a *R. sanguineus*-ra nézve, ahol az irodalmi adatok nem voltak egyértelműek, előbbinél a rövid távú, utóbbinál a hosszú távú perzisztenciára szolgáltatunk pontosan dokumentált adatot. A *V. austriacum*-ról jelen közlés az első olyan irodalmi adat, amely pontosan dokumentált eltemetési kísérleten alapul.

Az eltemetési magbank vizsgálatokat nagyon jó módszernek tekintjük a fajok magbank típusának tisztázására. További ilyen jellegű kísérletek végzése értékes eredményeket szolgáltathat, bár a módszer elterjedését nyilvánvalóan korlátozza annak időigényessége. Végezetül, tisztában vagyunk azzal, hogy a felvetett kérdéseinkre beállított, egy-egy fajra koncentrált kísérleteink eredményeit hasznos volna további fajok bevonásával, hasonló vizsgálatok keretében ellenőrizni.

Köszönetnyilvánítás

Az eltelt évek alatt munkánkat sokan segítették: Ken Thompson (Univ. of Scheffield), Katona Erika (preparátor), Mayer Ilona (laboráns), Jánoska Zsolt (lekipásztor), Palásti Ágnes (ELTE hallgató), Isépy István (fűvészkerti igazgató), Janakidisz Demeter (kertész), Kiss Levente (NKI igazgató), Sándor András (önkéntes kutató); nekik ezúton is hálás köszönetet mondunk. Külön köszönjük Csiszár Ágnes (Sopron) és Penksza Károly (Gödöllő) hasznos megjegyzéseit, javításait a kézirat első változatára vonatkozóan. Kutatómunkánk az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok pályázati rendszerében anyagi támogatást kapott (OTKA-F013260, OTKA-K108572).

Irodalom

- Bencze J. 1956: Szántóföldi gyommagvizsgálatok eredményei Kehida, Mohora és Nagytoldi-puszta erdőtalajain. Agrártud. Egyet. Agron. Kar. Kiadv. 3: 3–22.
- Borhidi A. 1993: A magyar flóra szociális magatartási típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. [Social behaviour types of the Hungarian flora, its naturalness and relativ ecological indicator values.] A KTM Természetvédelmi Hivatala és a Janus Pannonius Tudományegyetem kiadványa, Pécs. 93 pp.
- Cerabolini, B., Ceriani, R. M., Caccianiga, M., De Andreis, R., Raimondi, B. 2003: Seed size and shape and persistence in soil: a test on Italian flora from Alps to Mediterranean coasts. *Seed Science Research* 13: 75–85.
- Chapness, S. S., Morris, K. 1948: The population of buried viable seeds in relation to contrasting pasture and soil types. *Journal of Ecology* 36(1): 149–173.
- Csiszár Á. 2004: Adatok a magyar flóra fajainak magbank típus szerinti minősítéséhez. *Tájökológiai Lapok* 2(2): 219–229.
- Csontos P. 1998: Seed bank behaviour of *Verbascum* L. species. *Studia botanica hungarica* 27–28: 117–121.
- Csontos P. 2000a: A magbank-ökológia alapjai II. A talajminták feldolgozásának módszerei és alkalmazhatóságuk összehasonlító elemzése. [Seed bank ecology II. Technics for estimation of seed bank in soil samples and comparison of methods.] *Acta Agronomica Óváriensis* 42(1): 133–150.
- Csontos P. 2000b: A magbank-ökológia alapjai III. További lehetőségek a magbank és a magtúlélés vizsgálatára. [Seed bank ecology III. Further methods for studying soil seed banks and seed longevity.] *Acta Agronomica Óváriensis* 42(2): 251–259.
- Csontos P. 2001: A számbogánccs (*Onopordum acanthium* L.) és a selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) magvainak túlélőképessége. *Acta Agronomica Óváriensis* 43(2): 83–92.
- Csontos P. 2004: Három Asteraceae és két Poaceae gyomnövényünk magtúlélése a talajban. *Acta Agronomica Óváriensis* 46(2): 107–117.
- Csontos P. 2006a: A magbank-ökológia alapjai, a hazai flóra magökológiai vizsgálata. Akadémiai doktori értekezés, MTA Kézirattár, Budapest 237 pp.
- Csontos P. 2006b: Gyomnövények, gyepi fajok és erdei lágyszárúak magvainak túlélése a talajban. [Seed longevity studies on species of weedy places, dry grasslands and forests.] *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 7(1): 101–112.
- Csontos P. 2010: A természetes magbank, valamint a hazai flóra magökológiai vizsgálatának új eredményei. *Kanitzia* 17: 77–110.
- Csontos, P., Kalapos, 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.
- Fenner M. 2000 (ed.): *Seeds: the Ecology and Regeneration in Plant Communities*, 2nd edition. CAB International, Wallingford.
- Funes, G., Basconcelo, S., Díaz, 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.
- 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: 23–36.
- Harper, J. L. 1977: *Population biology of plants*. Academic Press, London. 892 pp.
- Hegazy, A. K. 2000: Intra-population variation in reproductive ecology and resource allocation of the rare biennial species *Verbascum sinaiticum* Benth., in Egypt. *Journal of Arid Environments* 44: 185–196.
- Kiss, R., Deák, B., Török, P., Tóthmérész, B., Valkó, O. 2018: Grassland seed bank and community resilience in a changing climate. *Restoration Ecology* 26(2): 141–150.
- 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.
- Kovács Zs., Barabás S., Höhn M. 2018: Az óriás útifű (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.) csírázásbiológiai vizsgálata. *Botanikai Közlemények* 105(2): 243–252.

- Luzuriaga, A. L., Escudero, A., Olano, J. M., Loidi, J. 2005: Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica* 27: 57–66.
- Madsen, S. B. 1962: Germination of buried and dry stored seeds. III. 1934-1960. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 27(4): 920–928.
- Mika J., Farkas A. 2017: A hazai vízkészletek, természetes növények és a mezőgazdaság érzékenysége az időjárás szélsőségeire és a klímaváltozásra. *Tájökológiai Lapok* 15(2): 85–90.
- Mojzes A., Kalapos T. 2004: Napi hőmérsékletingadozás hatása öt, eltérő inváziós képességű fűfaj csírázására. *Botanikai Közlemények* 91(1–2): 25–37.
- Ødum, S. 1965: Germination of ancient seeds, floristical observations and experiments with archeologically dated soil samples. *Dansk Botanisk Arkiv* 24(2): 1–70.
- Penksza K. (szerk.) 2018: Általános növénytan (Agrárszakos hallgatók számára). Szent István Kiadó, Gödöllő. Szent István Kiadó. 183 pp.
- Pickett, S. T. A., McDonnell M. J. 1989: Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. In: Leck, M. A., Parker, V. T., Simpson, R. L. (eds.): *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York. pp. 123–147.
- Roberts, H. A., Neilson, J. E. 1980: Seed survival and periodicity of seedling emergence in some species of *Atriplex*, *Chenopodium*, *Polygonum* and *Rumex*. *Annals of Applied Biology* 94: 111–120.
- Sendtko, A. 1999: Die Xerothermvegetation brachgefallener Rebflächen im Raum Tokaj (Nordost-Ungarn) - pflanzensoziologische und populationsbiologische Untersuchungen zur Sukzession. *Phytocoenologia* 29(3): 345–448.
- Simon T. 1992: A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok – virágos növények. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Telewski, F. W., Zeevaert, J. A. D. 2002: The 120-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. *American Journal of Botany* 89: 1285–1288.
- 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. pp. 199–202.
- Thompson, K., Bakker, J. P., Bekker, R. M. 1997: The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press, Cambridge. 276 pp.
- 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., Grime J.P. 1983: A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *J. Appl. Ecol.* 20: 141–156.
- Thompson, K., Band, S. R., Hodgson, J. G. 1993: Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* 7: 236–241.
- Toole, E. H., Brown, E. 1946: Final results of the Duvel buried seed experiment. *Journal Agricultural Research* 72: 201–210.
- Tóth A., Balogh Á., Wichmann B., Berke J., Gyulai F., Penksza P., Dancza I., Kenéz Á., Schellenberger J., Penksza K. 2011: Gyomvizsgálatok Pest megyei homoki mezőgazdasági területeken (lucernaföldek gyomvizsgálatai) I. *Tájökológiai Lapok* 9(2): 449–461.
- Trnka, M., Rotter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Zalud, Z., Semenov, M. A. 2014: Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change* 4(7): 637–643.

ASSESSMENT OF SOIL SEED BANK TYPE OF FOUR DISTURBANCE TOLERANT HERB SPECIES – RESULTS OF A 19-YEAR-LONG SEED BURIAL EXPERIMENTP. CSONTOS¹, T. KALAIPOS², J. TAMÁS³¹Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research
H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15. e-mail: cspeter@rissac.hu²Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology, Institute of Biology, Eötvös Loránd
University

H-1117 Budapest, Pázmány Péter sá tény 1/c.

³Department of Botany, Hungarian Natural History Museum
H-1087 Budapest, Könyves Kálmán körút 40.**Keywords:** *Cardamine impatiens*, *Geum urbanum*, greenhouse germination, persistent seed bank, *Rumex sanguineus*, seed longevity, *Verbascum austriacum*

In this paper, soil seed bank properties are reported for four disturbance tolerant forest herb species: *Cardamine impatiens* L., *Geum urbanum* L., *Rumex sanguineus* L. and *Verbascum austriacum* Schott. We assessed the seed longevity of these species in a seed burial experiment. The freshly harvested seeds were mixed with sterilized sand and then buried in clay pots at a depth of 0.65 m, using multiple replicates of 100 seeds per repeat for each species. For every species, one sample with 100 seeds was exhumed 1, 2, 3, 4, 6 and 19 year after burial, and then seeds were germinated under greenhouse conditions. We found the seed bank of *C. impatiens* to be short-term persistent. For this species, the trait is probably the result of two opposing influences, as the forest environment would support transient soil seed bank, while the biennial life history of the species and its occurrence in disturbed habitats would favour a long-term persistent seed bank. In the case of *G. urbanum*, we found long-term persistent soil seed bank, that is the first data published for this species. It should be noted that for species with flat and elongated seed, this seed bank type is relatively rare, thus *G. urbanum* can be considered as exceptional in this respect. The seeds of *V. austriacum*, like other previously studied mullein species, showed excellent survival: in the 19th year after burial, seeds germinated practically in the same percentage as they did in the first year. For *R. sanguineus*, three different soil seed bank types have been reported in the literature. According to our results, this species can maintain long-term persistent seed bank in the soil as its seeds germinated in 43 percent after 19 years of burial. In our paper, we also discuss the usefulness of seed burial experiments for studying seed longevity of species.