

Debreceni Egyetem
Természettudományi és Technológiai Kar
Növénytani Tanszék



*Különböző magméretű növények endozoochor terjedésének
vizsgálata*

XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Készítette:

LOVAS-KISS ÁDÁM;

II. évf. Biológus MSc szakos hallgató

LACZKÓ LEVENTE;

I. évf. Biológus MSc szakos hallgató

FEKETE RÉKA

III. Biológia BSc szakos hallgató

Témavezetők:

DR. MOLNÁR V. ATTILA

Egyetemi docens

Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék, Debrecen

DR. SRAMKÓ GÁBOR

Posztdoktor kutató

Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék, Debrecen

VINCZE ORSOLYA

PhD hallgató

Debreceni Egyetem TTK Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, Debrecen

Debrecen, 2014

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITÚZÁS	3
ANYAG ÉS MÓDSZER	4
Modellnövényeink jellemzése	4
A modellállat jellemzése	5
A kísérlet menete.....	5
Adatelemzés	8
EREDMÉNYEK	9
Átjutási eredmények.....	8
Az életképességi vizsgálatok eredményei	13
DISZKUSSZIÓ	16
KITEKINTÉS	18
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	19
IRODALOMJEGYZÉK	19

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A vízimadarak is fontos szerepet játszanak a vízi élőlények propagulumainak (például hajtásos növények magjainak/terméseinek, vízi gerinctelen tartós petéinek és algák spóráinak) terjesztésében (CHANG *et al.* 2005, CHARALAMBIDOU & SANTAMARÍA 2002; CHARALAMBIDOU *et al.* 2003, CLAUSEN *et al.* 2002, BROCHET *et al.* 2009, FIGUEROLA *et al.* 2010, GREEN *et al.* 2002, HOLT MUELLER & VAN DER VALK 2002). A vízimadarak a növények magjait kétféle módon terjeszthetik. Korábban az állatok kültakaróján (epizoochor úton történő terjesztést) jelentősebbnek gondolták (vö. KERNER 1895), azonban manapság úgy tűnik az endozoochor útnak (elősorban réce- és lúdfélék tápcsatornájában) nagyobb szerepe van a magok terjedésében (BROCHET *et al.* 2009, VIVIAN-SMITH & STILES 1994). Eddig 25, a témában végzett tanulmány során 223 növényfaj propagulumait mutatták ki három récefaj (*Anas acuta*, *A. penelope* és *A. platyrhynchos*) tápcsatornájából- és/vagy székletéből (BROCHET *et al.* 2009).

Elég kevés információval rendelkezünk arról, hogy a növényi propagulumok különböző fizikai sajátságai (például méret, tömeg, térfogat, szilárdság) miként befolyásolják a különböző állatfajok emésztőrendszerén való átjutás illetve az életképesség megőrzésének valószínűségét. Eddig egy ilyen tárgyú közleményről van tudomásunk: DE VLAMING & PROCTOR (1968) 23 vízparti növényfaj tőkés réce (*Anas platyrhynchos*) és ékfarkú lile (*Charadrius vociferus*) általi endozoochor terjesztésének lehetőségét vizsgálták, és kimutatták, hogy a kisebb és keményebb héjú magvak jobban ellenállnak az emésztésnek.

DE VLAMING & PROCTOR (1968) 23 vízparti növényfaj tőkés réce (*Anas platyrhynchos*) és ékfarkú lile (*Charadrius vociferus*) általi endozoochor terjesztésének lehetőségét vizsgálták, és kimutatták, hogy a kisebb és keményebb héjú magvak jobban ellenállnak az emésztésnek. Az átjutást befolyásoló tényezőként figyelembe vették a zúza szerkezetét, valamint a propagulumok által az emésztőrendszerben eltöltött időt.

KLEYHEEG E. *et al.* (2014) kísérleteikben megfigyelték, hogy a mozgásban lévő tőkés récéknél, nagyobb mértékű az ép maghéjjal történő átjutás, illetve enyhe emelkedést figyeltek meg az emésztés sebességében is a pihenő egyedekhez viszonyítva. Tehát a kísérleteinkben résztvevő egyedek körülményei, habár eltérnek a terepen jelen lévő körülményektől, nem befolyásolják nagymértékben a kísérlet kimenetelét.

BROCHET *et al.* (2010) kimutatták azt, hogy minél hosszabb időt tölt egy mag az emésztőrendszerben annál nagyobb a valószínűsége, hogy elveszíti életképességét, habár 44-48 órás benntöltött idő után is juthatnak át életképes magok. A tápcsatornán történő keresztüljutás önmagában növeli a csírázási képességet, illetve a hosszabb retenciós idő gyorsítja a csírázást, azonban néhány fajnál ennek csak a sztratifikáció után van jelentős hatása.

Vizsgálatunk célja volt, hogy 15 növényfaj esetében megvizsgáljuk, hogy propagulumaik átjuthatnak-e épen az állati emésztőrendszeren, és megőrizhetik életképességüket, illetve hogy az átjutás valószínűsége és az életképesség megőrzése a propagulumok mely fizikai sajátságaival függnek össze. A kísérletünk második részében pedig a *Carex extensa* tüzetesebb vizsgálatát tűztük ki, hiszen a növényt 2012-ben (KIRÁLY *et al.* 2013) találták meg a hazánkban és a szerzők arra következtettek, hogy a sásfaj vízimadarak általi terjesztés útján kerülhetett a Fertő-tó déli partjára, amely igen fontos gyülekezőhely a vonuló vízimadarak számára (SCOTT & ROSE 1996; BAUER *et al.* 2005; LABER & PELLINGER 2011; FARAGÓ & HANGYA 2012). Ezt a hipotézist etetési kísérletekkel, illetve molekuláris elemzésekkel vizsgáltuk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Modellnövényeink jellemzése

Tizenöt növényfaj endozoochor terjedésének vizsgálatát tűztük ki célul. Modellnövényeink többnyire a vegetáció nem domináns fajai közé tartoztak, amelyek magjai még nagyrészt nem lettek kimutatva récefélék ürülékéből. Közülük négy a palkafélék családjába tartozó, iszapos, nedves partokat, vízfolyásokat, kedvelő faj, mint a ritka sárga palka (*Cyperus flavescent*) és a vájtmakkú zsióka (*Bolboschoenus planiculmis*). A sások közül pedig a ligeterdőket kedvelő, viszonylag ritka nyúlsás (*Carex leporina*) tartozott a modellnövényeink közé, illetve a *Carex extensa*, ami tengerparti sós mocsarak jellemző növénye, azonban egy jelentős populációját 2012-ben megtalálták a Fertő-tó déli partján, és azt feltételezték, hogy vízimadarak általi terjesztés útján kerülhetett oda (KIRÁLY *et al.* 2013). Egy másik vizsgált növényünk a gyékényfélék közé tartozó ágas békabuzogány (*Sparganium erectum*) volt, amely szintén nedves, mocsaras területek, állóvizek, vízfolyások partján fordul elő.

A pillangósviráguak családjából két faj tartozott modellnövényeink közé, mint az ártéri, mocsaras élőhelyeket kedvelő keserű édesgyökér (*Glycyrrhiza echinata*), vagy a ritka, védett, szintén ártereket kedvelő tekert csüdfű (*Astragalus contortuplicatus*). Az ernyősvirágzatúak közül a fokozottan védett réti angyalgyökér (*Angelica palustris*) magjait etettük a récékkel. A látonyafélék családjából két fajt vizsgáltunk a magyar (*Elatine hungarica*) és a csigásmagvú látonyát (*Elatine hydropiper*). Mind a két faj ritka, védett növény, melyek belvizes szántókon, rizsföldeken, szikes laposokon vagy kiszáradó mocsarakban fordulnak elő. A vizsgált növényeink közül ennek a két fajnak vannak a legkisebb méretű, alig fél milliméteres magjai.

A fészkesvirágzatúak családjába tartozó, ugyanúgy nedvesebb, mocsarasabb élőhelyeket kedvelő, védett pannon endemizmus, a kislefű aszat (*Cirsium brachycephalum*), és egy ritkulóban lévő hagymaféle a gyíkhagyma (*Allium angulosum*) is modellnövényeink közé tartozott. A fűfélék családját egy nedves gyomtársulásokban, vetésekben előforduló faj, a közönséges kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*) képviselte.

Egy puhafás ligeterdőkben, nagyobb folyók partján előforduló parazita növényt, a komlóképző arankát (*Cuscuta lupuliformis*), illetve egy száraz élőhelyeket kedvelő szegfűfélé, a bársonyos kakukkszegfűt (*Lychnis coronaria*) is bevontunk a vizsgálatokba egy magméret alapú skála létrehozásának céljából.

A modellállat jellemzése

Modellállatként az egyik leggyakoribb, többnyire vonuló hazai récefélé, a tőkés récét (*Anas platyrhynchos*) használtuk. Hazánkban a be nem fagyó vizeknél töltik a telet a rezidens, elsősorban Észak-Európában fészkelő példányok. Tíz réce gyűrűzési adatai szerint hazánkba öt európai országból: Litvániából, Csehországból, Szlovákiából, Oroszországból és Fehéroroszországból érkeztek madarak, amelyek később a Földközi- és a Fekete-tenger medencéjének vidékén kerültek elő. Hat példány Olaszországban, egy Franciaországban, egy Horvátországban, kettő Szerbiában, egy Macedóniában, három Albániában, négy pedig Bulgáriában került befogásra. A legtávolabbi megkerülési adat 2304 kilométer, amit egy Oroszországban gyűrűzött példány tett meg hazánkig (BANKOVICS et al. 2009).

A kísérlet menete

A vizsgálat során néhány napos koruktól ellenőrzött körülmények között, baromfiudvarban nevelt nyolc tőkés récét (5 tojót és 3 gácsért) használtunk. A kísérletet három alkalommal, 2013. október 22-én, november 3-án és november 16-án végeztük. Az állatokat a kísérlet előtt 1 nappal elkülönítettük (1. ábra) és ekkortól az állatok nem kaptak enni, csak inni, hogy tápcsatornájuk a lehető legnagyobb mértékben kiürülhessen. A kísérlet ideje alatt a nyolc madár külön-külön, 50 × 50 × 50 cm-es ketrecekbe volt helyezve, a ketrecek alá pedig műanyag fólia került, amiről az ürülék könnyen összegyűjthető.



1. ábra: A récék a kísérlet ideje alatt

A récék az egyes növényfajok ismert mennyiségű magjait kapták enni, de kísérletenként változott a fajok összetétele. Az első kísérlet során a fent említett modellnövények közül a nyúlsás, a vájtmakkú zsióka és a csigásmagvú látonya magjai nem voltak etetve. A maradék 12 fajból kilenc esetében száz, három esetében pedig ötven magot etettünk, ugyanis ebből a három fajból nem rendelkezünk annyi maggal, mint a többiből. A második kísérlet során az *Elatine hungarica* magjai kivételével a többi tizennégy faj mind etetve volt a récékkel, a harmadiknál pedig a *Carex extensa*, a kisleveles aszat és a magyar látonya magjait nem kapták meg a récék. Ezeknél a kísérleteknél is három faj esetében nem száz, hanem csak ötven magot kaptak az egyes récék. Az ürüléket az etetést követően négy, hét, huszonegy, harmincegy és negyvenöt órával szedtük fel a madarak ketrecei alól (2. ábra).



2. ábra: Száradó ürülékminták

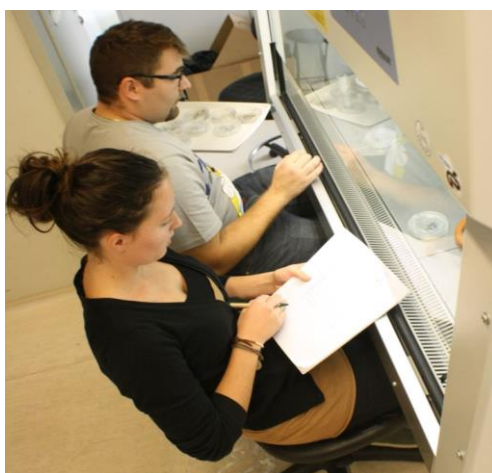
Az etetések alatt előfordult az is, hogy a madarak kihányták a magokat. A hányásokat ugyanúgy összegyűjtöttük az egyes ketrecek alól, így később az abból kiválogatott magvakat levontuk a beadottakból. A mintákat kiszárítottuk és a magválogatás ideje alatt hűtőben tartottuk, több mint 6 hónapig a kontrollal egyetemben. Erre azért volt szükség, mert a dormancia megtöréséhez a hideg sztratifikálás is hozzájárulhat (BOLIN 2009). Az egyes minták tömegét analitikai mérlegen lemértük majd ezután kerültek belőlük kiválogatásra a propagulumok. A kisebb méretű magok (*Elatine* spp., *Cyperus flavescens*, *Lychnis coronaria*) magjai miatt a válogatás fénymikroszkóp alatt történt (3. ábra).



3. ábra: Magok válogatása a mintákból

A magok kiválogatását a csíráztatás követte. A vizsgálat során kísérletenként összevontuk a kacsákon átjutott magvakat. Az átjutott magvaknak első körben csak az 50%-át

tettük fel csírázni, hogy legyen tartalék mag az életképesség más módszerekkel történő vizsgálatához. A csíráztatás 1%-os steril agaróz gélen történt steril Petri-csészékben. Mielőtt a steril gélre feltettük volna a magokat, azokat is sterilizáltuk a gombásodás elkerülése céljából. A magok sterilizálása (4. ábra) 1×1 perc 25%-os hypo oldatos atmoszással majd 3×3 perc steril vizes atmoszással történt. A magokat ezután steril csíráztató szobában tartottuk, ahol napi 14 órás megvilágítás (fényerő: 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$), illetve nappal 22±2 °C, éjjel 18±2 °C hőmérséklet volt. Fajonként 50–50 sterilizett magot kontrollként, azonos körülmények között csíráztattunk. A *Carex extensa* esetében az átjutott magoknak a 25%-át ugyanezzel a steril eljárással kezeltük és 10mg/l-es gibberellin-tartalmú agaróz gélen csíráztattuk.



4. ábra: A magok sterilizése steril fülke alatt

Minden faj magjaiból 3-szor 100 magot mértünk le analitikai mérlegen és ebből számoltunk százmagtömeget. Fajonként 50–50 mag esetében pedig tolómérővel 0,1 mm-es pontossággal mértük meg a három dimenzióbeli kiterjedésüket. Ezekből az adatokból tudtunk ezután egy hozzávetőleges fajlagos magtérfogatot számolni.

Adatelemzés

Az analízisekhez R programcsomag 3.1.2. verzióját és a Past szoftvert használtuk. Kevert modellt, lineáris regressziót, illetve korrelációt alkalmaztunk. A kontroll és az átjutott magok csírázását páros t-tesztel hasonlítottuk össze.

EREDMÉNYEK

Propagulumok átjutása a récék tápcsatornáján

A vizsgálatunk során mindegyik fajból volt látszólag ép maghéjjal történő átjutás. A legnagyobb arányban (48%) az *Astragalus contortuplicatus* és a *Bolboschoenus planicurmis* magjai jutottak át (összesen 1115 ill. 757 darab). A két *Elatine* faj átjutási sikere között is megfigyelhető több mint, 10%-os eltérés (1. táblázat). Az összesen megegetett 795 *Elatine hungarica* magból 162 jutott át épségben, még az *Elatine hydropiper* 1598 beadott magjából mindössze 151. A legkevesebb átjutással a *Sparganium erectum* rendelkezett, mindössze három maggal.

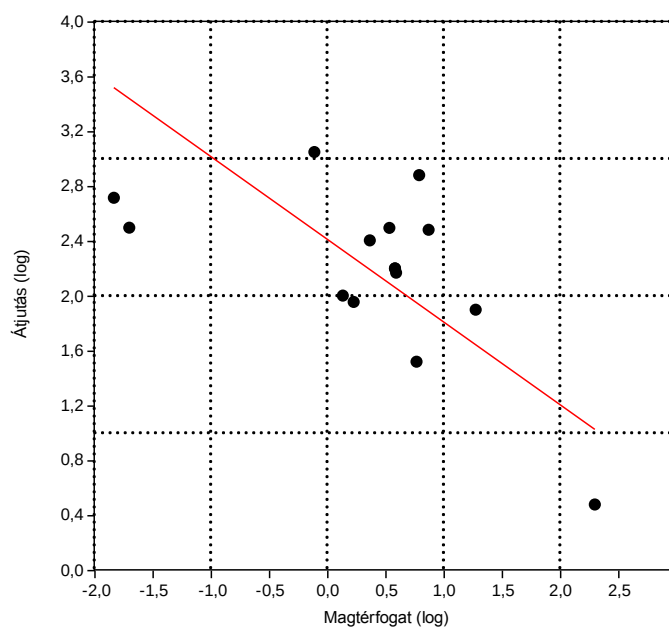


5. ábra: *Sparganium erectum* magjai

Megfigyeléseink szerint a kisebb magtömeggel rendelkező fajok nagyobb mértékben jutnak át a béltraktuson, mint a magasabb értékkel rendelkezők, de a különbség statisztikai értelemben nem szignifikáns ($p=0.0665$, $df=11$, $t=0.0288$) (6. ábra). Emiatt szükségesnek tartjuk maghéj keménységi vizsgálatok végzését.

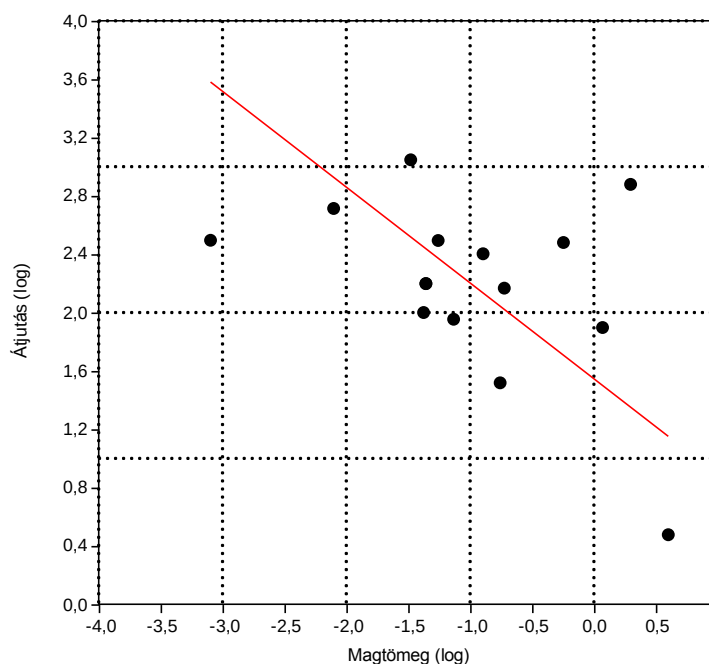
1. táblázat: A vizsgált növényfajok magtérfogata, ezermagtömege és átjutási aránya

Faj	Magtérfogat (mm ³)	Százmag-tömeg (gram)	Átjutás (%)
<i>Astragalus contortuplicatus</i>	0,778	0,033	48,8
<i>Bolboschoenus planiculmis</i>	6,176	0,275	48,7
<i>Cyperus flavescens</i>	0,015	0,008	22
<i>Elatine hungarica</i>	0,031	0,001	20,4
<i>Carex leporina</i>	3,431	0,055	20,2
<i>Carex extensa</i>	3,83	0,044	19,8
<i>Cuscuta lupuliformis</i>	7,445	0,567	14,0
<i>Allium angulosum</i>	2,328	0,127	11,6
<i>Elatine hydropiper</i>	0,029	0,002	9,4
<i>Glycyrrhiza echinata</i>	18,89	1,173	7,7
<i>Echinochloa crus-galli</i>	3,921	0,189	6,7
<i>Cirsium brachycephalum</i>	1,691	0,074	5,9
<i>Lychnis coronaria</i>	1,365	0,042	4,4
<i>Angelica palustris</i>	5,867	0,175	1,6
<i>Sparganium erectum</i>	199,354	3,983	0,3



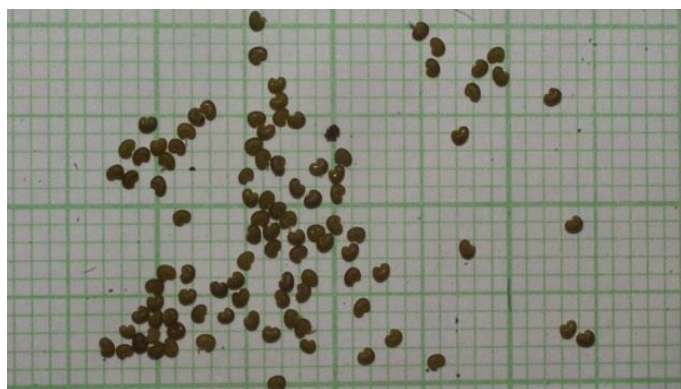
6. ábra: Átjutott magvak aránya a magtömeg függvényében

Az átjutás mértékét a magvak térfogata függvényében vizsgálva megállapítottuk, hogy az épségben átjutott magvak aránya negatívan korrelál a magtérfogattal ($p=0.0345$, $df= 11$, $t= -2.412506$, 7. ábra), vagyis minél nagyobb a térfogat, annál kevesebb az esélye az átjutásnak.

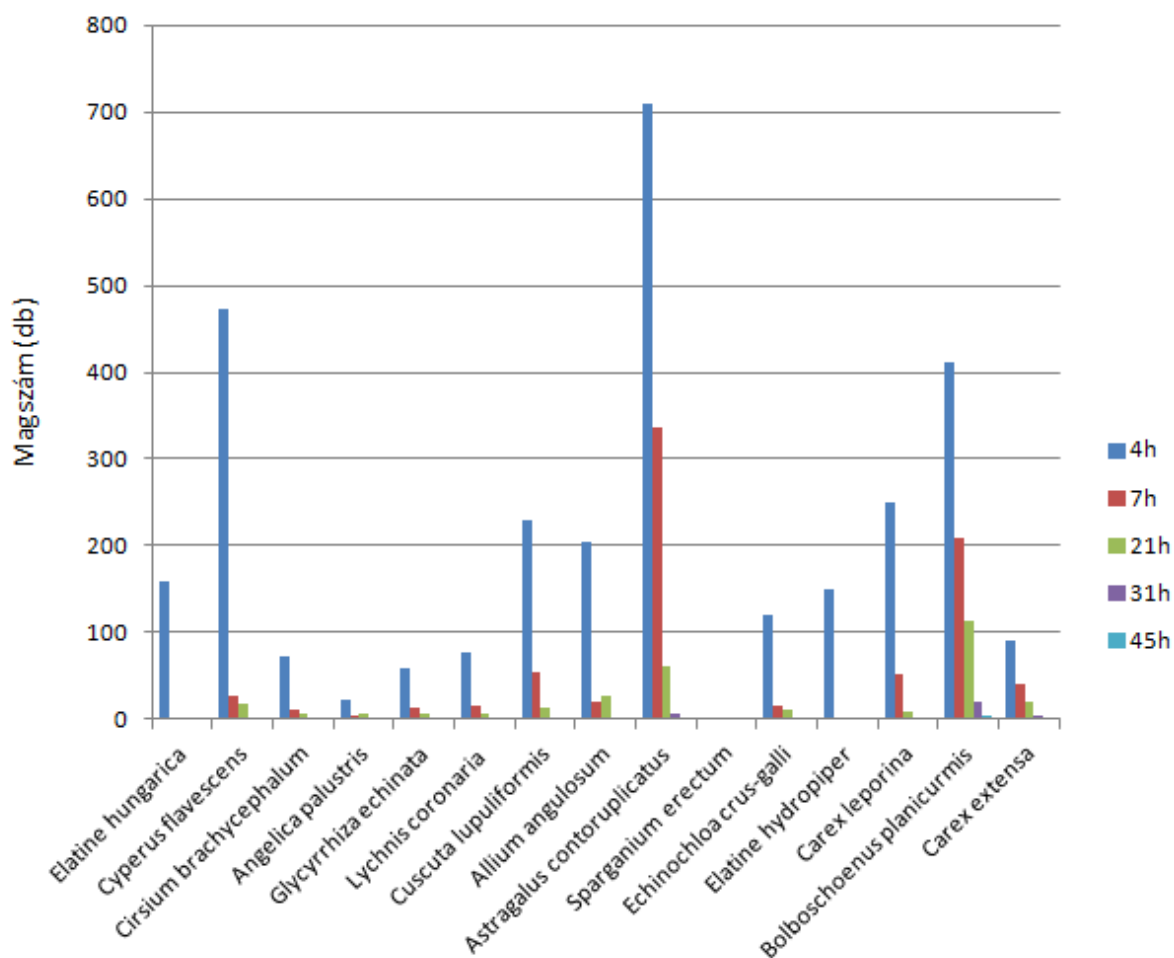


7. ábra: Átjutott magvak aránya a magtérfogat függvényében

Vizsgáltuk az átjutást az idő függvényében és megállapítottuk, hogy az idővel folyamatosan csökken az ép maghéjjal történő átjutás mértéke, illetve, hogy a legtöbb mag az összes faj esetében az első 4 órában jutott át, de volt átjutás 31 és 45 óra között is. Négy faj, a *Carex extensa*, *Bolboschoenus planiculmis*, *Astragalus contortuplicatus* (8. ábra) és a *Cuscuta lupuliformis* esetében minden vizsgált időintervallumban jutottak át magvak (9. ábra)



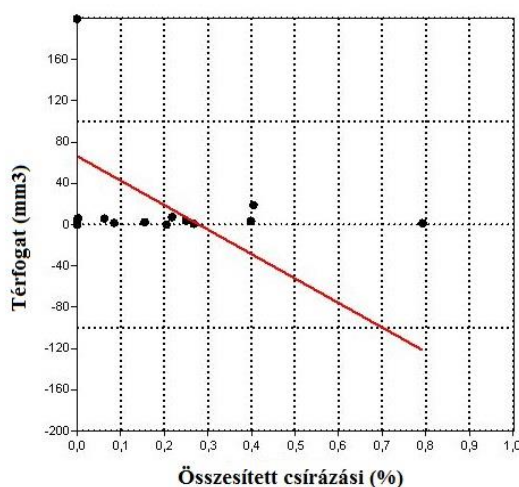
8. ábra: *Astragalus contortuplicatus* magok



9. ábra: Átjutott magvak száma az öt különböző időpontban

Életképességi vizsgálatok

Csíráztatási eredményeinket egy hónap után összesítettük (2. táblázat). A legnagyobb arányban csírázó faj a *Lychnis coronaria* volt. Az átjutott magjainak több mint 77%-a kicsírázott. Míg a legnagyobb átjutási arány az *Astragalus contortuplicatus* és a *Bolboschoenus planiculmis* propagulumai esetében tapasztaltuk, addig a csírázási arányuk messze nem a legmagasabb. Az tekert csüdfű 26 %-os csírázási arányt, a vájtmakkú zsióka pedig mindössze 0,2%-os csírázási arányt mutatott (2. táblázat). Minden növényfaj életképességére természetesen különböző mértékben hatott a tápcsatornán való áthaladás. Több faj esetében pozitív hatása volt a kezelésnek, mint például az *Astragalus contortuplicatus*, *Cuscuta lupuliformis*, *Allium angulosum*, *Cirsium brachycephalum*, *Angelica palustris*, *Carex extensa*, *Bolboschoenus planiculmis*, illetve korábban említett *Lychnis coronaria*, de volt olyan is, amelyre negatív hatással volt, ez pedig az *Elatine hungarica*. Ennél a taxonnál jóval kisebb mértékű csírázást figyeltünk meg a kísérlet során (12%), míg a kontroll életképességi vizsgálat esetében 54% volt. Megfigyeltük azt, hogy az *Elatine* genus-on belül is elég nagy lehet az eltérés, mivel az *Elatine hydropiper* viszont elég magas, 64%-os életképességet mutatott, de a kontrolhoz viszonyítva nem volt nagy különbség. Ez nagy valószínűséggel a magjaik keménysége közötti eltérés miatt következett be. Az százmagtömeg és az életképesség (csíráképesség) megőrzése között negatív korrelációt figyeltünk meg, de ez nem volt szignifikáns ($p=0.3159$, $df=11$, $t=-1.051$, 10. ábra). A *Cyperus flavescens* és a *Sparganium erectum* fajok esetében nem történt csírázás a vizsgált időtartam alatt. Ez nem azt jelenti, hogy a magok nem életképesek, lehetséges, hogy a dormanciájukat nem sikerült eddig megtörni.

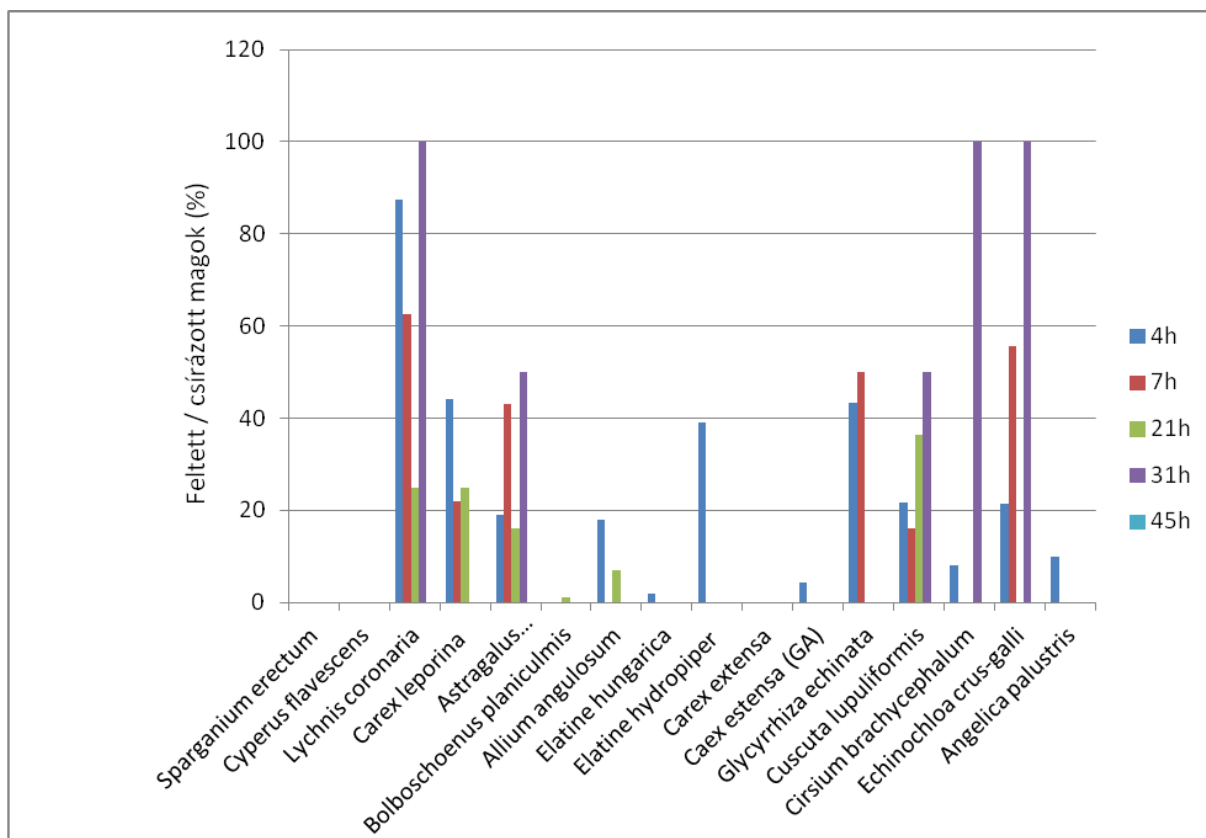


10. ábra Összes csírázási százalék az ezermagtömeg függvényében

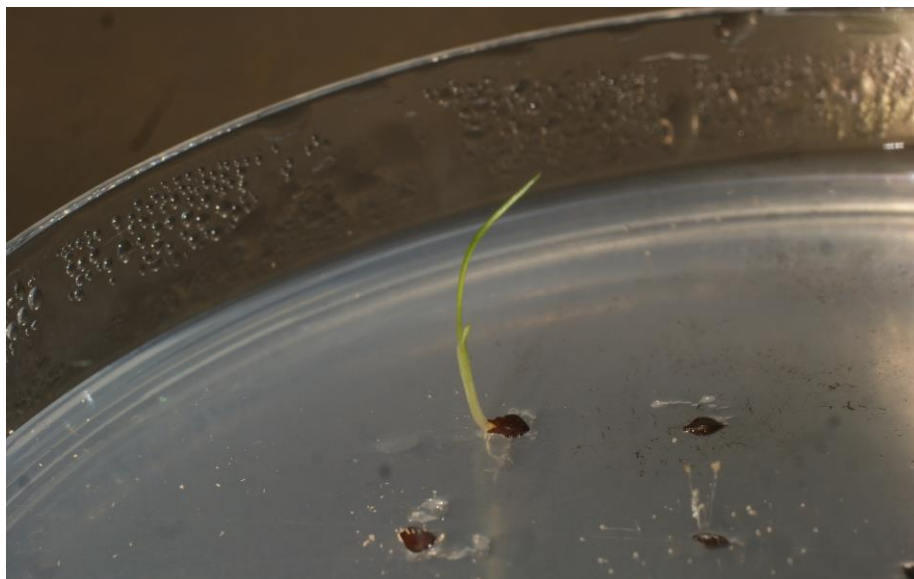
2. táblázat: Növényfajonként átjutott és kicsírázott magok, illetve százalékos arányuk

Faj	Vizsgált magok száma (db)	Kicsírázott magok száma (db)	Csírázási arány (%)	Kontroll csírázási arány(%)
<i>Lychnis coronaria</i>	53	42	77,8	52
<i>Elatine hydropiper</i>	74	47	64	36
<i>Glycyrrhiza echinata</i>	42	18	42,9	52
<i>Carex leporina</i>	158	63	39,9	46
<i>Echinochloa crus-galli</i>	76	22	28,9	32
<i>Astragalus contortuplicatus</i>	560	155	27,7	14
<i>Cuscuta lupuliformis</i>	156	43	27,6	12
<i>Allium angulosum</i>	129	24	18,6	10
<i>Elatine hungarica</i>	73	9	12	54
<i>Cirsium brachycephalum</i>	47	3	6,3	0
<i>Angelica palustris</i>	18	1	5,5	2
<i>Carex extensa</i> (GA)	42	1	2,4	0
<i>Carex extensa</i>	80	0	0	0
<i>Bolboschoenus planicurmis</i>	381	1	0,2	0
<i>Sparganium erectum</i>	3	0	0	0
<i>Cyperus flavescent</i>	260	0	0	0

Vizsgáltuk az átjutott és a csírázott magvak százalékos arányát minden begyűjtési időpontban. A 31 órás minták magjai csíráztak a legnagyobb arányban. A második legnagyobb csírázási arány a 7 órás mintáknak tulajdonítható, majd ezt követik a 4 és 21 órák. A 45 órás mintákból származó magok eddig nem csíráztak (12. ábra). Látszólag a későbbi elszedések során magasabb a csírázási arány, de lineáris kevert modellt alkalmazva megállapíthatjuk, hogy az emésztőrendszerben eltöltött idő nem növeli a magvak csíráképességét ($\chi^2=0.4989$ df=1 $p=0.48$).



12. ábra: A csírázás mértéke a különböző órákban begyűjtött mintákban



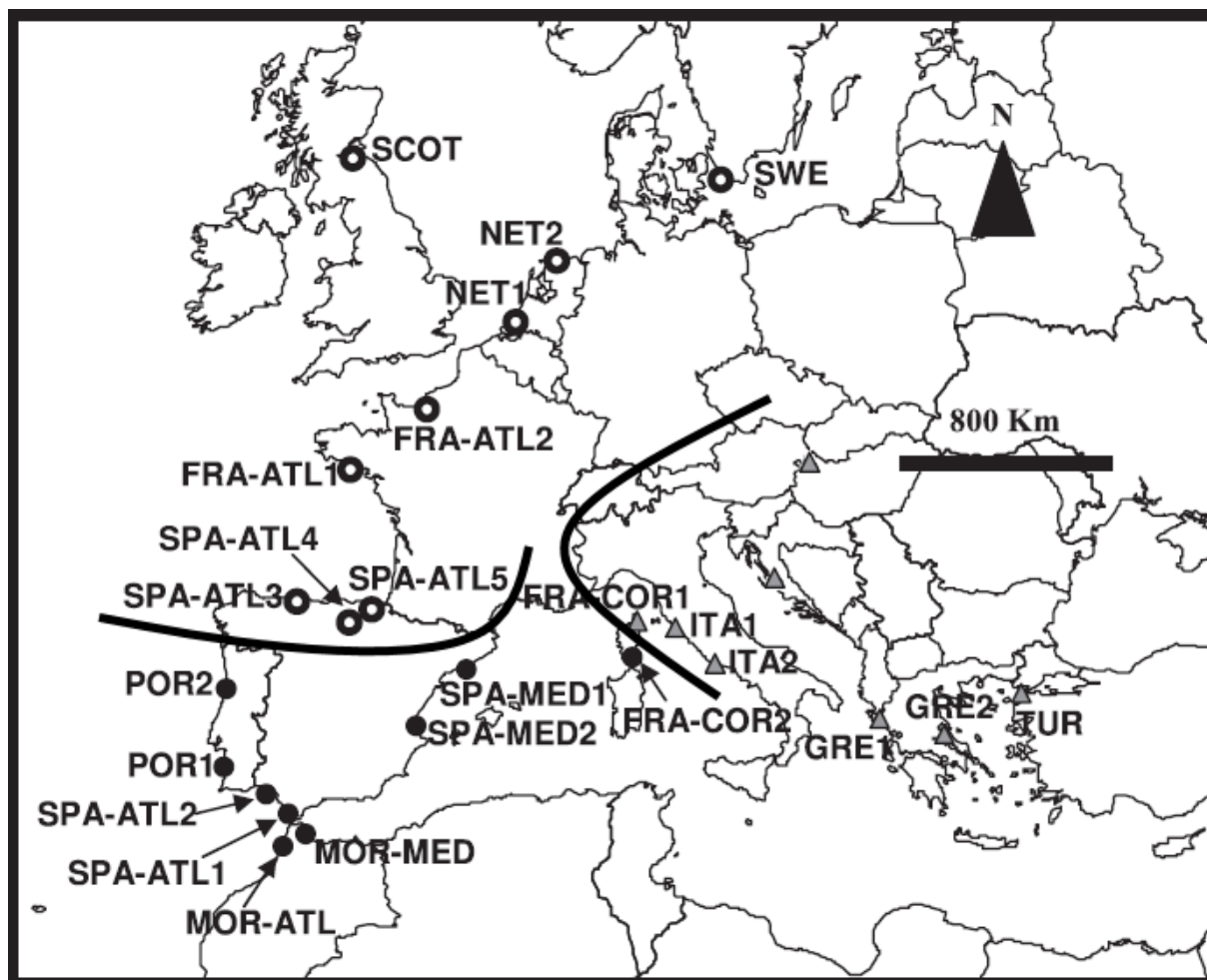
13. ábra: *Carex extensa* csíranövény

DISZKUSSZIÓ

Munkánk során 15 növényfaj propagulumairól mutattuk ki, hogy képesek a tőkés récék tápcsatornáján átjutni. Megfigyeltük, hogy az adott növények ezermagtömege valószínűleg befolyásolja az átjutást, de a propagulumok térfogata nagyobb hatást gyakorol a bélcsatornán való keresztüljutásra. (A mag térfogata és az átjutás mértéke között negatív korreláció áll fenn.) A legnagyobb mértékben két faj, az *Astragalus contortuplicatus* és a *Bolboscheonus planiculmis* jutott át a tőkés récék emésztőrendszerén. Összesen négy taxon esetében volt 31 és 45 óra között is átjutás, ami valószínűsíti, hogy igen nagy távolságot és sokféle barrier képesek átugrani madarak közvetítésével egyes növények, mivel egyes récefajok 68–70 km/h átlagsebességgel is képesek repülni (WELHAM 1994). Ez azt jelenti, hogy a magvak a vándorló madarak szervezetében akár 1500 kilométerre is szállíthatódnak.

Csíráztatási kísérletünk során összesen 13 fajt átjutott magjairól bizonyítottuk életképességüket. Detektáltuk, hogy a kontroll propagulumok és a béltraktuson átjutott magvak életképessége között marginálisan szignifikáns különbség van. Ezt nagy valószínűséggel a zúzó gyomorban lejátszódó szkarifikáció okozhatja, amely révén egyes (keményhájú) magvak dormáciája megtörhet. Megfigyeltük, hogy a legnagyobb csírázási arányt a 31 órás mintákból kiválogatott propagulumok mutatták, de a 4 és a 7 órás elszedéseknél is volt csírázás. Ebből valószínűsíthető, hogy minél több időt tölt el egy adott mag a tápcsatornában, annál nagyobb mértékű szkarifikáció éri, de ennek ellenére azt kaptuk eredményül, hogy a béltraktusban bentöltött idő nem befolyásolja a magvak csíráképességét.

Fontos eredménynek számít, hogy a *Carex extensa* – amely viszonylag jelentős arányban jutott át a tápcsatornán – gibberelines táptalajon csírázott (13. ábra). ESCUDERO és munkatársai 2010-ben genetikai eszközökkel vizsgálták e tengerparti faj állományait és elkülönítettek egy keleti és egy nyugati kládot, valamint a nyugati kládot további két egységre bontották. Tanszékünkön is folynak további vizsgálatok a fajjal kapcsolatban. Rendelkezünk mintákkal horvátországi és a Fertő-tó mellől származó populációkból.

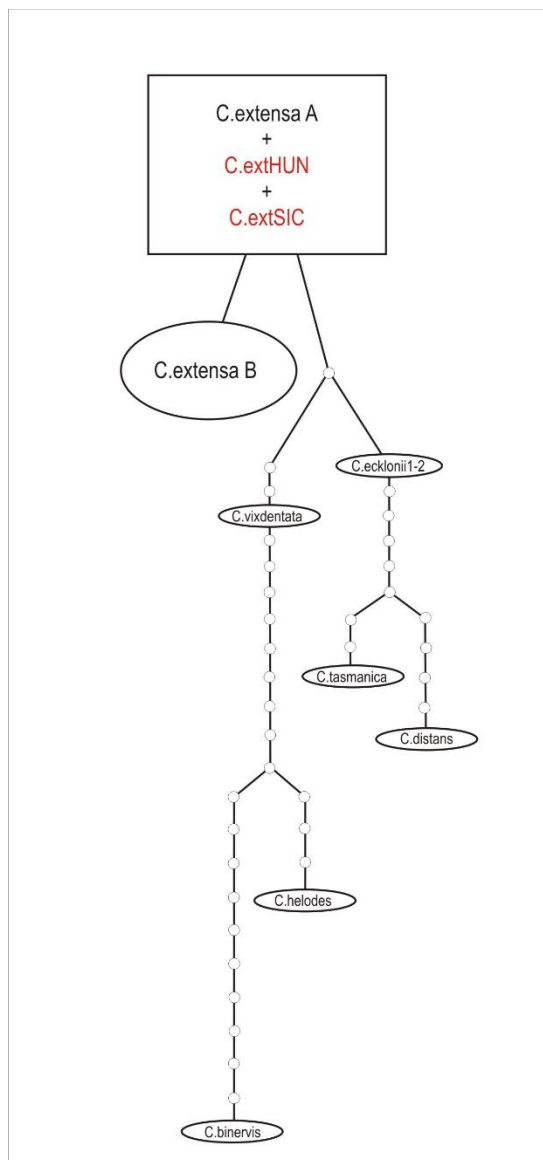


14. ábra: *Carex extensa* minták térképen ábrázolva: háromszöggel jelölve a keleti klád (B haplotípus), fekete és üres fekete körökkel jelölve a nyugati klád (A haplotípus) (ESCUDERO et al 2010 nyomán)

Az ESCUDERO és munkatársai által bemutatott markereket felhasználva történt *trnK* szekvenciák és mikroszatellitek alapuló analízis, annak érdekében, hogy tisztázzuk a hazai állomány eredetét. Adatainkat ESCUDERO et al (2010) adataival vetettük össze.

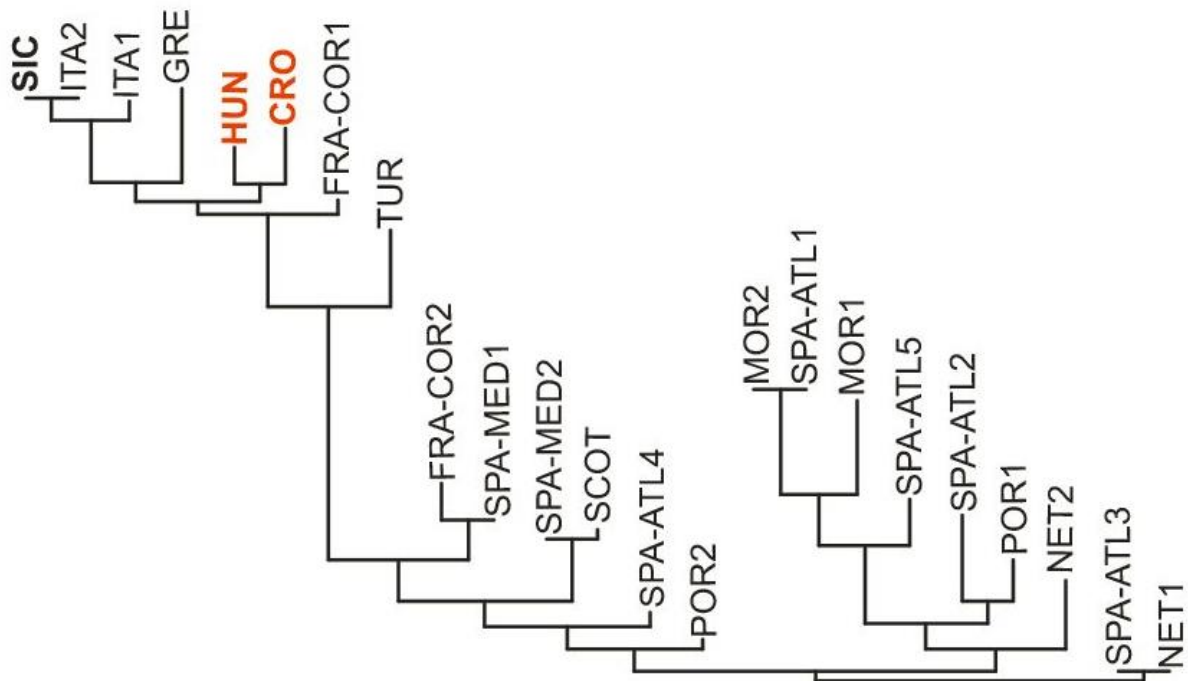
A *trnK* szekvenciákat a TCS 1.21 program segítségével elemeztük, így ki tudtuk egészíteni a korábbi adatokat az általunk nyert adatokkal. A haplotípus hálózaton láthatjuk,

hogy mind a horvát, mind a magyarországi növények a **14. ábrán** B-vel és háromszögekkel jelölt keleti kládhoz állnak a legközelebb, ettől mindössze egy pontmutáció távolságra helyezkednek el. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a Fertő-tó melletti növények a keleti kládhoz tartoznak, azonban arra nem kaptunk választ, pontosan honnan is származhatnak.



15. ábra: trnK szekvenciák alapján készült haplotípushálózat

A kérdés megválaszolására mikroszatellit elemzést végeztünk négy lókuszt alapján. Az így számított genetikai távolságok segítségével neighbour-joining módszerrel klaszteranalízist végeztünk. A horvátországi és magyarországi populációk itt is a keleti kládhoz tartoznak, azonban itt már láthatjuk, hogy a Fertő-tó melletti populáció a horvátországi növényekhez található legközelebb genetikailag. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a hazánkba frissen betelepült növények nagy valószínűséggel a horvát populációból származhatnak.



16. ábra: Mikroszatellit adatok és neighbour-joining algoritmus alapján készült klaszterdiagram

Mivel korábban már bizonyítottuk, hogy a *Carex extensa* terméseinek egy része megőrizheti csíráképességét a tőkés réce emésztőrendszerén áthaladva, eredményeink alátámasztják KIRÁLY et al. (2013) feltevését, miszerint a faj vízimadarak révén kerülhetett hazánkba.

Vizsgálataink alapján valószínűnek tűnik, hogy a növényi magvaknak az eddig feltételezettnél jóval szélesebb köre juthat át épségben madarak tápcsatornáján és őrizheti meg csíráképességét.

KITEKINTÉS

További kísérleteinkbe egyre több növényfaj propagulumait szeretnénk bevonni, hogy még részletesebb képet kaphassunk az átjutást és a csírázást befolyásoló tényezőkről. Későbbiekben egy modellt szeretnénk megalkotni, amivel előre tudnánk prediktálni, mely növényfajok alkalmasak arra, hogy endozoochor módon szállíthassák a vízimadarak. Illetve összefüggéseket keresünk a bélcsatornában talált zúzókövek az átjutás és a magok életképessége között.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Nagyon hálásak vagyunk Lovas-Kiss Gábornak a ketrecek elkészítésében nyújtott segítségéért, Nagy Andrásnak, Löki Viktornak a magok válogatásában, illetve a bélsár elszedésében való közreműködéséért. Külön köszönet Mosolygó-Lukács Ágnesnek a *Carex extensa* molekuláris vizsgálatában nyújtott segítségéért.

IRODALOMJEGYZÉK

- BROCHET, A.L., GUILLEMAIN, M., FRITZ, H., GAUTHIER-CLERC, M. & GREEN, A.J. (2009a): Plant dispersal by teal (*Anas crecca*) in the Camargue: duck guts are more important than their feet. – *Freshwater Biology* **55**(6): 1262–1273.
- BROCHET, A-L., GUILLEMAIN, M., FRITZ, H., GAUTHIER-CERC, M. & GREEN, A. J. (2009b): The role of migratory ducks in the long-distance dispersal of native plants and the spread of exotic plants in Europe. – *Ecography* **32**: 919–928.
- BROCHET, A.L., GUILLEMAIN, M., GAUTHIER-CLERC, M., FRITZ, H., & GREEN, A.J.(2010): Endozoochory of Mediterranean aquatic plant seeds by teal after a period of desiccation: Determinants of seed survival and influence of retention time on germinability and viability. – *Aquatic Botany* **93**: 99-106
- JAY F. BOLIN (2009): Heat shock germination responses of three eastern North American temperate species – *Castanea* **72**(2): 160-167.
- CHANG, E. R., ZOZAYA, E. L., KUIJPER, D. P. J. & BAKKER, J. P. (2005): Seed dispersal by small herbivores and tidal water: are they important filters in the assembly of salt-marsh communities? – *Functional Ecology* **19**: 665–673.
- CHARALAMBIDOU, I. & SANTAMARIA, L. (2002): Waterbirds as endozoochorous dispersers of aquatic organisms: a review of experimental evidence. – *Acta Oecologica* **23**: 165–176.
- CHARALAMBIDOU, I., SANTAMARIA, L. & LANGEVOORD, O. (2003): Effect of ingestion by five avian dispersers on the retention time, retrieval and germination of *Ruppia maritima* seeds. – *Functional Ecology* **17**: 747–753.
- CLAUSEN, P., NOLET, B. A., FOX, A.D. & KLAASSEN, M. (2002): Long-distance endozoochorous dispersal of submerged macrophyte seeds by migratory waterbirds in northern Europe – a critical review of possibilities and limitations. – *Acta Oecologica* **23**: 191–203.

- BANKOVICS A., CSÖRGŐ T., GYURÁČZ J., HALMOS G., KARCZA ZS., MAGYAR G. - SCHMIDT A. - SCHMIDT E. & SZÉP T. (ed., 2009). *Magyar madárvonulási atlasz*. Kossuth Kiadó, Budapest.
- DE VLAMING V. & PROCTOR V.W. (1968) Dispersal of aquatic organisms: viability of seeds recovered from the droppings of captive Killdeer and Mallard ducks. *American Journal of Botany* **55**: 20–26.
- ERIK KLEYHEEG, CASPER H. A. VAN LEEUWEN, MARY A. MORISON, BART A. NOLET AND MEREL B. SOONS (2014): Bird-mediated seed dispersal: reduced digestive efficiency in active birds modulates the dispersal capacity of plant seeds. - *Oikos* **000**: 001–009
- FARAGÓ S. & HANGYA K. (2012): Effects of water level on waterbird abundance and diversity along the middle section of the Danube River. *Hydrobiologia* **697**: 15–21.
- FIGUEROLA, J., CHARALAMBIDOU, I., SANTAMARIA, L. & GREEN, A. J. (2010): Internal dispersal of seeds by waterfowl: effect of seed size on gut passage time and germination patterns. – *Naturwissenschaften* **97**: 555–565.
- FIGUEROLA, J., GREEN, A. J. & SANTAMARÍA, L. (2003): Passive internal transport of aquatic organisms by waterfowl in Doñana, south-west Spain. – *Global Ecology and Biogeography* **12**(5): 427–436.
- GREEN, A. J., FIGUEROLA, J. & SÁNCHEZ, M. I. (2002): Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. – *Acta Oecologica* **23**: 177–189.
- HOLT MUELLER, M. & VAN DER VALK (2002): The potential role of ducks in wetland seed dispersal. – *Wetlands* **22**(1): 170-178.
- KERNER von Marialaun, A. (1895): *The Natural History of Plants. Their forms, growth, reproduction, and distribution*. Volume II. Blackie & Son, London.
- KIRÁLY, G., BIDLÓ, A., TAKÁCS, G., ELIÁŠ JR, P., MELEČKOVÁ, Z., DÍTĚ, D. (2013). Remote locality of the littoral *Carex extensa* (Cyperaceae) in Hungary—long distance dispersal from coastal to inland salt marshes. *Biologia* **68**(5): 872-878.
- LABER J. & PELLINGER A. (2011): Die durchziehenden und überwinternden Gänse im Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel in den Winterhalbjahren 2006/07 bis 2010/11. *Vogelkundliche Nachr. Ostösterreich* **22** (3–4): 1–8.
- SCOTT D.A. & ROSE P.M. 1996. Atlas of Anatidae Populations in Africa and Western Eurasia. *Wetlands International Publication* **41**: 336 pp.

VIVIAN-SMITH, G. & STILES, E. W. (1994): Dispersal of salt marsh seeds on the feet and feathers of waterfowl. – *Wetlands* **14**(4): 316–319.

WELHAM C.V.J. (1994) Flight speeds of migrating birds: a test of maximum range speed predictions from the aerodynamic equations. *Behavioural Ecology* **5**: 1–8.

Tételes szerzői hozzájárulás

Alulírott Laczkó Levente a dolgozatban leírt munkafolyamatok közül:

- részben a minták begyűjtését
- DNS-kivonatok előállítását
- PCR reakciók összeállítását és futtatását
- a reakciók sikerességének ellenőrzését agaróz-gélelektroforézis segítségével
- az előállított szekvenciák olvasási hibáktól való tisztítását
- a "kontig"-szekvenciák előállítását
- az adatanalízisek előkészítését
- részben az eredmények értékelését

végeztem el.

Debrecen, 2014 december 15.



.....
Laczkó Levente

Tételes szerzői hozzájárulás

Alulírott Fekete Réka a dolgozatban leírt munkafolyamatok közül a :

- magok gyűjtését
- bétár összegyűjtését
- magok kiválogatását
- magok sterilizálását és csíráztatását
- adatok bevitele

végezem el.

Debrecen, 2015. január 07.



aláírás

Tételes szerzői hozzájárulás

Alulírott Lovas-Kiss Ádám a dolgozatban leírt munkafolyamatok közül a :

- magok gyűjtését
- ketrecek építést
- bélsár összegyűjtését
- magok kiválogatását
- magok sterilizálását és csíráztatását
- adatok bevitele
- adatok statisztikai elemzését

végeztem el.

Debrecen, 2015. január 07.

Lovas-Kiss Ádám

aláírás