

37. OTDK BIOLÓGIA SZEKCIÓ

Horváth Levente Áron

2025

Állatorvostudományi Egyetem
Zoológiai Tanszék
HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont
Ökológiai és Botanikai Intézet
Durva-léptékű Vegetációökológiai Kutatócsoport



**HUN
REN**



**ÖKOLÓGIAI
KUTATÓKÖZPONT**

Az özönnövényborítás hatása homoki parlaggyepek fenológiájára
The impact of the invasive plant cover to the sand grassland's phenology

Készítette:

Horváth Levente Áron

Témavezető:

Dr. Lengyel Attila, PhD, tudományos munkatárs

HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Durva-
léptékű Vegetációökológiai Kutatócsoport

Budapest, 2025

Tartalomjegyzék

I.	Rövidítések jegyzéke	4
II.	Bevezetés.....	4
1.	A biológiai inváziók fajtái és hatásaik	4
2.	A fenológia szerepe a növényi inváziókban.....	7
3.	A selyemkóró	8
4.	A magas aranyvessző	12
III.	Célkitűzés	15
IV.	Anyag és módszer	15
V.	Eredmények.....	18
1.	A magas aranyvessző és a selyemkóró hatásai a virágzó fajok számára.....	18
2.	Az özönnövények hatása a virágzó tövek számára	22
3.	Az invazív fajok hatása az őshonos növények fenológiájára	27
VI.	Diszkusszió.....	29
VII.	Köszönetnyilvánítás	31
VIII.	Irodalomjegyzék.....	32

I. Rövidítések jegyzéke

Ac – Asclepias kontroll: a selyemkóró által előzőnlött kvadrátok kontrollja

adat – megfigyelés: kvadrátok számát írja le, ahol megfigyeltem a fajt a felvételezések során

At – Asclepias treatment: a selyemkóró által előzőnlött kvadrátok

előzőnlött kvadrát – olyan mintavételi négyzet, amelyben vagy a magas aranyvessző, vagy a selyemkóró jelen volt

kontroll kvadrát - olyan mintavételi négyzet, amelyben egyik (vizsgált) invazív növényfaj sem volt jelen

Sc – Solidago kontroll: a magas aranyvessző által előzőnlött kvadrátok kontrollja

SLA – Specific Leaf Area: a levél felülete osztva a levél száraz tömegével

St – Solidago treatment: a magas aranyvessző által előzőnlött négyzetek

vs – illetve/valamint

II. Bevezetés

1. A biológiai inváziók fajtái és hatásaik

Az emberiség a nagy felfedezések, majd az ipari forradalmak óta elképesztő mértékben átalakította környezetét. A megváltozott környezet pedig új problémákat jelentett: olyan idegenhonos fajokat, amelyek „betolakodóként” teljesen meg tudják változtatni a helyi ökoszisztémákat. Az ilyen invazív fajok gyakorlatilag az európai gyarmatosítások kezdete óta jelen vannak és – eredetileg kettő, majd - három úton tudnak megjelenni az őshonos közösségekben: 1) a klímaváltozás miatt az addig az adott faj számára alkalmatlan élőhelyek megváltoznak és spontán terjedéssel el tudja foglalni azokat (ez a három folyamat közül történelmileg a legkésőbb fellépő); 2) a globalizáció következményeként a mindenhová eljutó rakományok „potyautasaiként” új, az adott klímán megtelepedni képes élőlények érkeznek; 3) a nem őshonos fajokat betelepítik, akár gazdasági haszon, akár „kedvtelés” céljából (például kerti dísznövénynek, vagy vadaskerti állatnak).

Első folyamatra nagyon jó példa a pásztorgém (*Bubulcus ibis*) szétterjedése a világon. Az elsősorban az afrikai szavannákról készült dokumentumfilmekből ismerős faj az 1900-as évek elején kezdte meg terjeszkedését Afrika trópusi-szubtrópusi élőhelyeiről nyugati és északi

irányba. Előbb természetes módon, spontán migrációval, egyes atlanti-óceáni szigeteket „pihenőként” használva elérte Dél-Amerikát, majd mikor az 1940-es években a számára megfelelő, szavannás élőhelyeken drasztikusan megnőtt szarvasmarhák száma, meghódította a kontinenst [1]. Ezután elérte Közép-Amerikát, majd - a dél-amerikai állomány megerősödéstől számítva 10 évre, az 1950-es évekre – Észak-Amerikát is. Itt először a floridai, monszun területeket foglalta el, de az évek során egyre északabbra terjeszkedett, és ma már megtalálható a prérin, a Nagy-tavak környékén és Kanadában is [2].

Európában gyorsabban megjelent, hiszen már 1930 előtt költött az Ibériai-félszigeten [2], de Franciaországban csak az 1960-as években detektálták, mint költőfaj [3]. Hazánkban először 1959-ben észlelték, ugyanakkor ezután az ezredfordulóig mindössze 11 alkalommal sikerült megfigyelni. Az ezredforduló után szinte minden évből van néhány adata, a 2010-es évek elejére pedig – köszönhetően a Balkán-félszigeten költő állomány megerősödésének - már szórványos kóborló volt Magyarországon [4]. Első bizonyított költése 2011-ből származik, azóta pedig a faj meghonosodott több hazai gémtelepen is, jelenleg 20-30 pár költhet az országban [5, 6]. Jól látható tehát, hogy a pásztorgém mérsékelt övben való terjeszkedése egybeesik az éghajlat melegedésével.

A második lehetséges út az invazív fajok számára a globalizációnak köszönhető passzív transzport. Sok faj különböző rakományokkal jut el őshazájából hasonló éghajlatú élőhelyekre. Az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*) Dél-Kelet-Ázsiában őshonos, ugyanakkor mára Európa mediterrán területeinek egészén megjelent, köszönhetően a használt gumiabroncsok és szerencsebambuszok szállításának Ázsiából az „öreg kontinensre”, ugyanis a szúnyog vagy az abroncsban megálló vízbe, vagy a bambuszok alatt található vízbe teszi a tojásait [7]. Első adata 1979-ből származik Albániából, azóta pedig másik 23 európai országból is kimutatták a jelenlétét, és az egyre enyhébb teleknek köszönhetően folyamatosan hódítja meg a kontinens belsőbb részeit is [7]. A faj jó alkalmazkodóképességét az is mutatja, hogy a trópusokon -2°C-ig életképesek a tojások, míg a mérsékelt övön ez már -10°C. Hazánkban az imágók képesek áttelelni, jelenlegi ismereteink szerint a tojások még nem bírják ki a telet [7].

A növényfajok esetében a passzív transzport által segített inváziók gócpontjai a kertészetek, köszönhetően a virágföld és csemeteszállítmányoknak, amikbe „potyautasként” bekeveredhetnek az invazív fajok magjai. Az ilyen módon legjobban terjedő faj hazánkban a foltos kutyatej (*Euphorbia maculata*), amely manapság már szinte bármelyik térkövezés során megjelenik, míg a jövevény-fűzike (*Epilobium ciliatum*) nevében hordozza, hogy milyen módon került be a magyar flórába [8]. Mitöbb, Magyarországon a legtöbb gondot okozó

özönnövény faj, a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) is vörös here, búzavetőmag és burgonyaszállítmányokkal került Európába. Első adata a Kárpát-medencéből 1907-ből ismert, ekkor Orsova mellett gyűjtötték, majd az I. világháború ideje alatt a megnövekedett takarmány és egyéb szállítványokkal terjedt szét délnyugat-északkelet irányban a vasúti töltések és utak mentén, és 1926-ra már elérte a Tiszántúlt is [9]. Azóta pedig a Kárpát-medencében van a legnagyobb állománya a fajnak egész Európában, ezt jól bizonyítja, hogy a pollenszezonjának csúcsidőszakában a déli szeleknek köszönhetően Lengyelországban is érezhető az allergén hatása, pedig Lengyelországban nincs nagy állománya [9].

Rengeteg invazív faj viszont az ember közvetítésével, direkt módon jutott el hazájából az új, meghódítandó területre. A cifrarák (*Orconectes limosus*) Észak-Amerikában őshonos, de mára egész Nyugat-Európában elterjedt, köszönhetően étkezési célból való betelepítésének [10]. Ugyanakkor – mint oly sok más alkalommal – ez a próbálkozás is visszafelé sült el, és a cifrarák elterjedt a természetes vizekben, kiszorítva az őshonos fajokat, mivel a faj tünetmentes hordozója lehet a rákpestisnek (*Aphanomyces astacis*), amely letális a hazai fajokra. Ivartalan szaporodással is képes terjedni, évente kétszer 400 petét rak le, emiatt a megüresedett élőhelyeket gyorsan töltötte be. Hazánkba az 1950-es években telepítették be, ugyanakkor a legnagyobb problémát az elmúlt évtizedekben jelentett, mikor a Dunán keresztül a nyugat-európai állomány egyedei is elérték a Kárpát-medencét, azóta pedig a legtöbb folyóban a folyami rák (*Astacus astacus*), míg a Balatonban a kecskerák (*Asctacus leptodactylus*) ellen folytat eredményes harcot [11]. Sőt, a hazai vizeinkben másik 3 invazív Decapoda faj is megtelepedett (amerikai jelzórák (*Pacifastacus leniusculus*), vörös mocsárrák (*Procambarus clarkii*), kínai gyapjasollósrák (*Eriocheir sinensis*) - igaz utóbbi kettő még nem túl gyakori Magyarországon), a 4 faj pedig évente átlagosan 89,9 km-t hódít meg hazai vizeinkből [12].

Az előző példák elsősorban Európára koncentráálódtak, sokszor olyan fajokat felhozva, amik Észak-Amerikából érkezve tudtak megtelepülni az „öreg kontinensen”, de nálunk őshonos fajok is tudták kolonizálni az „újvilágot”. A réti füzénnyel (*Lythrum salicaria*) az 1800-as években telepítették be, mint kerti dísnövényt, de azóta elterjedt, és kolonizálta a vizes élőhelyeket szerte a kontinensen. Ugyanakkor a megítélése nem olyan egyszerű, Hager és McCoy nem találtak egyértelmű bizonyítékot arra, hogy a faj kiszorítana más fajokat, vagy átalakítaná az élőhelyét [13]. Ahogy Európában a zöld juhar (*Acer negundo*) terjed rohamosan, addig Észak-Amerikában a korai juhar (*Acer platanoides*) terjeszkedik a keleti és a nyugati parton [14]. A korai juhar hatása az őshonos erdők aljnövényzetére drasztikus: az aljnövényzet összetétele

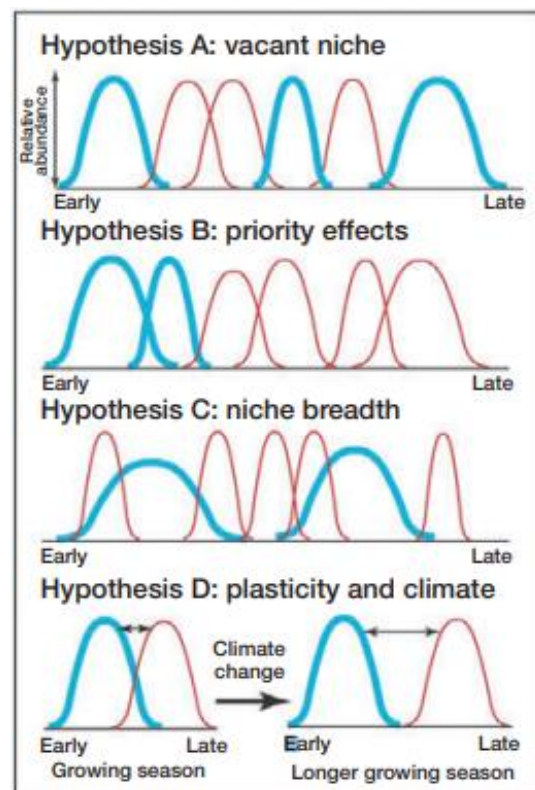
megváltozik, az őshonos fajok kevésbé sikeresen csíráznak, és nőnek, míg más gye- és cserjeszint alkotó invazív fajok könnyebben megjelenhetnek [14].

2. A fenológia szerepe a növényi inváziókban

A fenológia a növények egyedfejlődésében periodikusan ismétlődő biológiai folyamatokat a környezeti tényezőkkel összefüggésben vizsgáló tudományág, amely napjainkban az egyik legtöbbet változó és a legtöbb ellentmondást tartalmazó szegmens a botanikában. Ez elsősorban az éghajlatváltozásnak köszönhető, ami nagy mértékben hat a növények fenológiájára. Plos és társai kutatása alapján a legelők és rétek növényeinek virágzási időszakában (hagyományosan a fenológia általában ezt az időszakot nézi) nagy változások várhatóak: a folyamatosan aszályosabbá váló nyarak hatására a későn virágzó, vagy hosszú virágzási időszakkal rendelkező fajok virágzása jelentősen le fog rövidülni és korábbra fog tolódni [15]. Ez pedig kihatással lehet az egész helyi ökoszisztémára is, hiszen a virágzás eltolódása kihathat a pollinátorokra is [16].

Az fenológiának nagy szerepe van az inváziós növények sikerében is: az ezt magyarázó 4 alaphipotézis a következő [17]:

- 1) vacant niche (üres niche) hipotézise: az inváziós fajok akkor virágoznak, vagy hoznak leveleket, mikor a hasonló niche-t elfoglaló fajok nem.
- 2) priority effects (elsőbbségi hatások) hipotézise: az őzönnövények a többi, hasonló niche-t elfoglaló faj fenológiai periódusa előttre időzítik a sajátjukat.
- 3) niche breadth (niche kitolás) hipotézise: az idegenhonos fajok meghosszabbítják a saját virágzásukat, vagy lombos állapotukat, ezzel sokkal hosszabb fenológiai periódusokat hoznak létre, mint az őshonos, hasonló niche-t elfoglaló fajok.
- 4) plasticity and climate (rugalmasság az éghajlatváltozásra) hipotézise: az



1. ábra: az inváziós fajok fenológiai sikerének 4 alaphipotézise (forrás: [17])

invazív növényfajok könnyebben változtatják meg a saját fenológiájukat (hozzák előre, vagy tolják hátrébb a virágzásukat, vagy a lombhozást), az éghajlatváltozás hatására, mint az őshonos növények.

Ugyanakkor ezen hipotézisek sok faj esetén nem teljesülnek: Zettemoyer és társai 2022-ben mindössze a vacant niche és a priority effects hipotézisekre találtak kellő bizonyítékot, több, mint 100 növényfajt megvizsgálva [18]. Ettől függetlenül a másik két hipotézis is működhet sok faj esetén, például a niche breadth hipotézist láthatjuk Észak-Amerikában a korai juhar esetén, amely sok esetben ősszel nem hullatja le leveleit, hanem „megvárja”, amíg azok elfagynak [19].

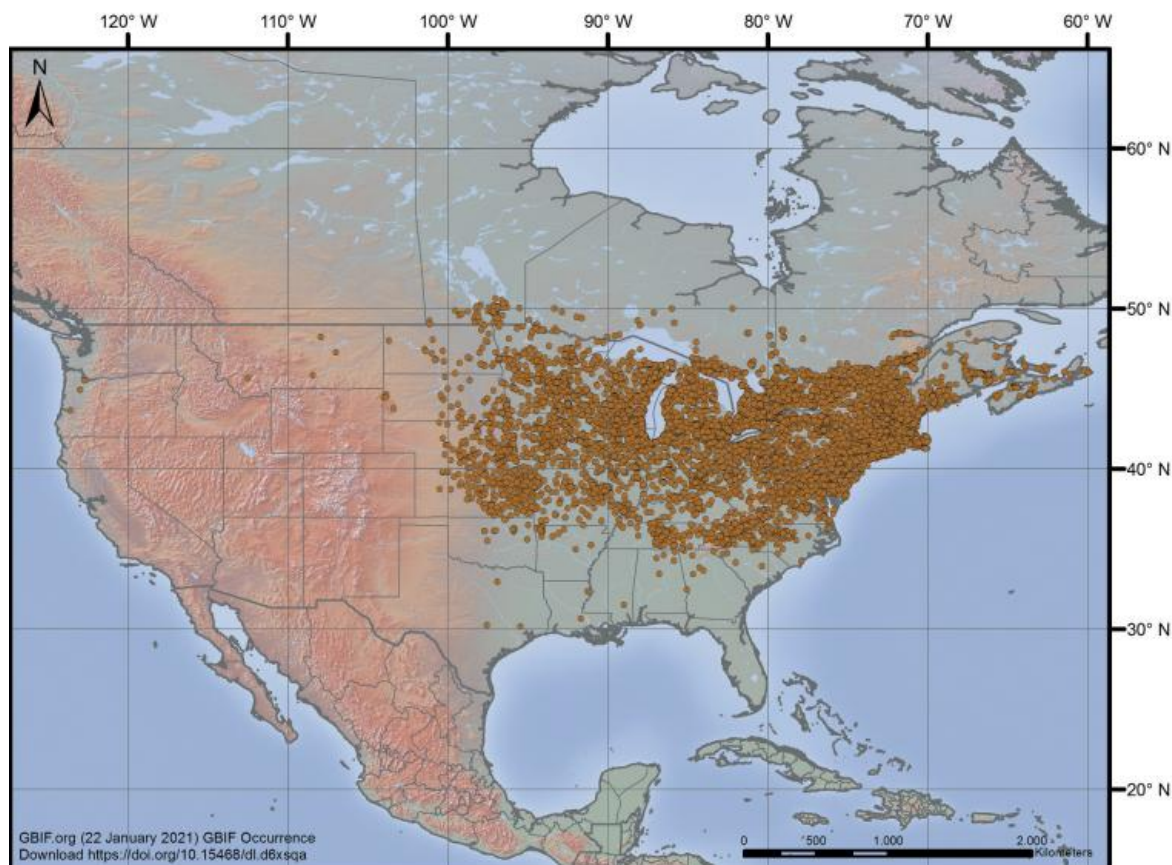
Ezen elvek mentén azt mondhatjuk, hogy a virágzási szezon kezdetén (kora tavasszal) és végén (kora ősszel) lehet a leginkább számítani jövőbeni növényi inváziókra. Kora tavasszal elsősorban a priority effects miatt, illetve a klíma melegedését jobban tudja lekövetni a legtöbb idegenhonos faj (plasticity and climate), emellett ekkor és ősszel a legnagyobb a növényekre ható stressz és a legtöbb kiszámíthatatlan környezeti tényező is ekkor van jelen (pl. fagyok, túl sok, vagy kevés csapadék) [19]. Kora ősszel gyakorlatilag a priority effects ellentettje segíti az özönnövényeket, ezzel együtt sok az üres niche, főleg, ha az aszályok miatt a későn virágzó őshonos fajok előre hozzák saját virágzási időszakukat. Az egyre enyhébb őszi időjárás miatt a fajok megkockáztathatják kitolni a saját fenológiai periódusukat (akár vegetatív, akár generatív periódusról beszélünk). Ősszel viszont nem csak a hőmérséklet növekedése lesz kulcsfontosságú egy-egy invazív növény sikerességét illetően, hanem az egyre erősebb nyári aszályok miatt csapadék mennyisége is [19]. Az özönnövények által a jövőben legnehezebben kolonizálható időszak a késő tavaszi és a nyári időszak lesz, mivel ekkor nyílik a legtöbb őshonos faj, ez pedig nagyon erős kompetíciót jelent [19].

Az invazív növényfajok tehát elsősorban gyors reprodukciójuknak, tág tűrőképességüknek és eltérő fenológiájuknak köszönhetően nőnek őshonos versenytársaik fölé, Magyarország síkvidéki nyílt élőhelyeit pedig ezeknek a jellegeknek köszönhetően két özönnövény, a selyemkóró (*Asclepias syriaca*) és a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) kolonizálta az egyik legnagyobb mértékben.

3. A selyemkóró

A selyemkóró Észak-Amerikában őshonos faj, az Apocynaceae család tagja. Elterjedési területe Amerikában nyugat-keleti irányultságú: a Keleti parttól egészen a Sziklás-hegység és a Préri találkozásaig lehet megtalálni [20]. A valódi mérsékelt övezettől északra és délre már csak

elszórva jelenik meg. Fényigényes növény, elsősorban a nyílt területeken telepszik meg, alacsony nedvességigényének köszönhetően pedig a szárazabb, füves sztyeppeken is jól érzi magát, ugyanakkor Amerikában a nedves kontinentális éghajlaton található meg a legnagyobb számban [20].



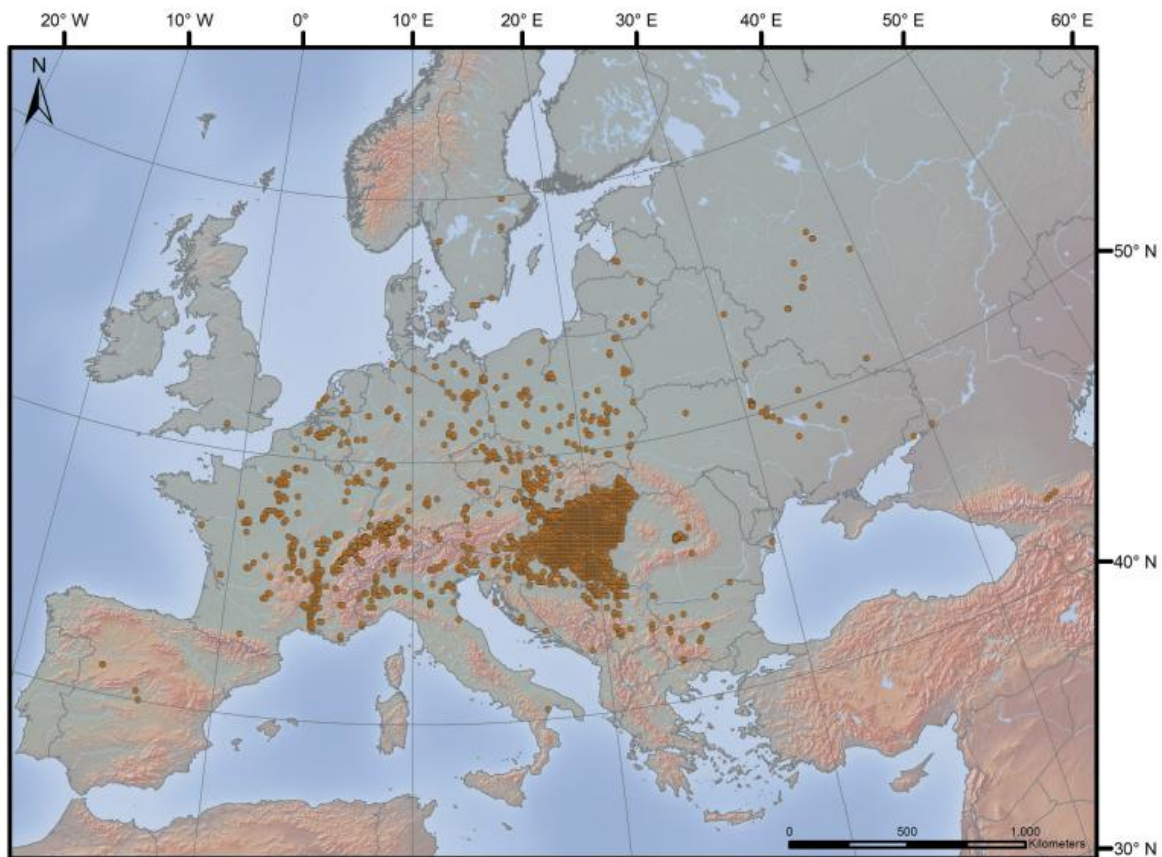
2. ábra: a selyemkóró elterjedési térképe Észak-Amerikában (forrás:[20])

A fiatal hajtások áprilisban bújnak elő a földből, majd június-július környékén virágoznak. A termés szeptemberre-októberre érik be, majd felhasad és kiszóródnak belőle a repítőkészülékkel ellátott magok – itt felfedezhetjük a niche breadth hipotézist, mivel a fenológiai szezonja már áprilisban elkezdődik és októberig tart. Maguk a magok nem jutnak túl messzire, az átlagos távolság 13,8 méter, viszont a növénynek van egy másik módszere is a terjeszkedésre: rizómájának köszönhetően nem csak egy élő fajról beszélhetünk, de ez megnyitja a selyemkóró számára az utat a vegetatív reprodukcióhoz is. Az új hajtások általában közvetlen egymás mellett nőnek ki (phallanx-módszer), de egyes esetekben az új hajtás a régitől messzebb, több méterre is kinőhet [20]. A selyemkóró ezen két reprodukciós stratégiának a közös használatával tud könnyedén előzönlenni egy-egy területet.



3. ábra: a selyemkóró termése és magvai (forrás: ng.24.hu)

A selyemkóró európai megtelepedését tekintve a „harmadik utat” láthatjuk, tehát emberi beavatkozás következtében jelent meg Európában, eredetileg, mint dísznövény. A 18. században vált egyre elterjedtebbé, mikor elkezdtek termesztetni, mivel a ruhaiparban vették több-kevesebb hasznát, mint rost és selyem alapanyag (innen ered a faj magyar neve is). A 18-19. század környékén kezdték el a méhészek is használni [20]. A valódi áttörést viszont már az emberi passzív transzport (tehát a „második út”) jelentette, ugyanis az autóutak mentén kezdődött meg a terjeszkedése: minden bizonnyal a magok repítőszőrei ráragadhatnak az autókra, kamionokra, az autóutak, autópályák melletti bolygatott, degradált területek ideális élőhelyek a selyemkóró számára. Ausztriában, Svájcban és Csehországban is az 1970-es években indult meg az inváziója, Svájcban 1965-ben még a vizsgált területek mindössze 1%-án volt megtalálható, 2020-ra viszont ez a szám már 90% volt [20]. Terjedését a rizómával való vegetatív szaporodáson és a magvak repítőszőrein kívül az is nagyban segítette, hogy tejnedvének köszönhetően Európában igen kevés rovarfaj fogyasztja leveleit (üdítő kivétel a lovagbodobács (*Lygaeus equestris*)), és – ahogy az a legtöbb invazív növényfaj esetében is igaz - az új élőhelyein nincsenek jelen a természetes parazitái sem [20].



4. ábra: a selyemkóró elterjedési térképe Európában (forrás:[20])

Európában – akárcsak hazájában - szintén a valódi mérsékelt övezetben található meg, elsősorban Nyugat- és Közép-Európában, de ellentétben Észak-Amerikával, itt elsősorban nem a nedves kontinentális éghajlatú területeken találhatók meg a legnagyobb állományok, hanem a Kárpát-medencében, azon belül is főleg az Alföldön, ami már inkább száraz kontinentális éghajlatnak nevezhető [20]. Ettől függetlenül Magyarországtól keletre, a „valódi” száraz kontinentális éghajlaton már nem található meg, ami minden bizonnyal a növény számára túl hideg teleknek köszönhető. Mivel a Kárpát-medencében a nedves kontinentális és a száraz kontinentális éghajlat találkozik, emiatt a telek még az Alföldön is elég enyhék a földben levő vegetatív hajtások életben maradásához.

A selyemkóró által előzőnlött területeknek megváltozik a flórája és a faunája. A tövek ugyan általában nem állnak túl sűrűn ($7-45 \text{ tő/m}^2$), de mivel egy magas, nagy levélfelületű növényről beszélünk, az özönnövény le tudja „árnyékolni” a hazai gyepek legtöbb fajtát. Ennek a legnagyobb áldozatai elsősorban a gyenge versenyképességű fajok, amelyeknek alacsony az SLA (Specific Leaf Area), valamint a magtömeg értéke, emellett pedig alacsony a klonális terjedési képessége (clonal spreadig ability) is [21]. Az előzőnlött területeken elsősorban a magas SLA és magtömeg értékű és magas klonális terjedési képességű (sokszor akár invazív) fajok

maradnak fenn. A selyemkóró emellett megváltoztatja a talaj pH-ját, nedvességtartamát és ásványi anyag összetételét is, ami megintcsak kihat a terület növényvilágára [20]. A megváltozott flóra pedig megváltoztathatja a faunát is: a selyemkóróval előzőnlött területeken csökkent a pókfajok száma, míg a hangyák egyedszámára pozitívan hatott, köszönhetően a selyemkórón élő levéltetű (*Aphis*) fajoknak [22].

Az *Asclepias syriaca* elleni védekezés és az előzőnlött területek kezelése nagy kihívásokat jelent a szakembereknek, hiszen az özönnövény gyöktörzseiről könnyen újra tud sarjadni, az egész előzőnlött terület egyszeri lekasználása pedig nem jelent megoldást, hiszen ezzel az amúgy is megbolygatott élőhelyet még jobban megbontjuk, ami akár a selyemkórónak, akár más invazív fajoknak is kedvezhet [23]. Ugyanakkor az éveken át tartó, virágzási időben történő kétszeri kaszálás nagy mintán eredményesnek tűnik [24].

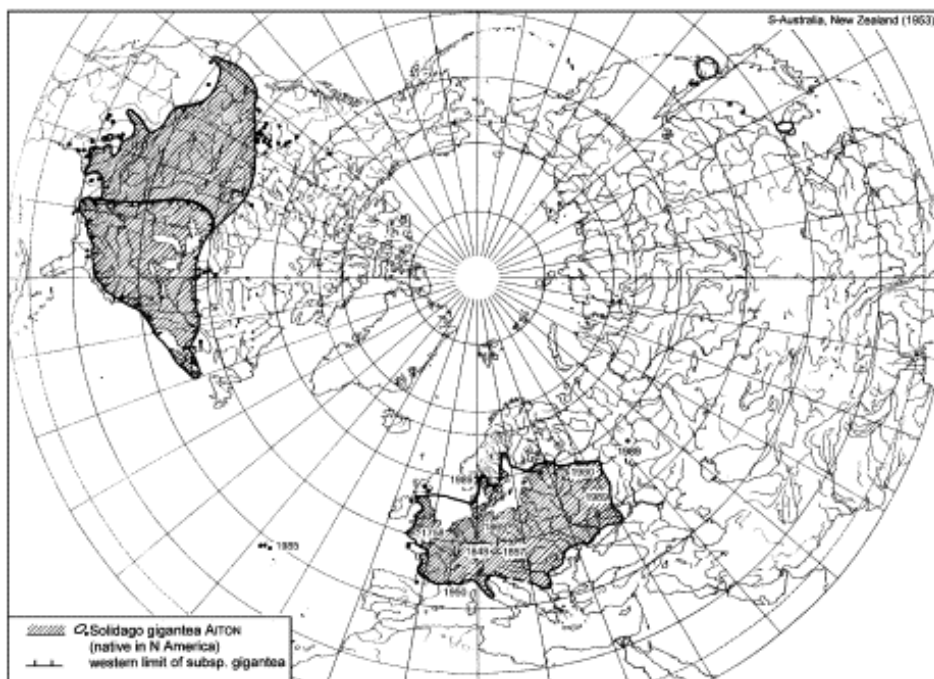
4. A magas aranyvessző

Az Asteraceae családba tartozó magas aranyvessző szintén Észak-Amerikából érkezve hódította meg Európát. Hazájában a mérsékelt övön elterjedt - akárcsak a selyemkóró, a Sziklás-hegység keleti oldalától a Keleti partig, a Mississippi-deltájától Dél-Kanadáig megtalálható, elsősorban nitrogéndús, nedvesebb élőhelyeken (pl. láprétek, patakpartok), a száraz, nyílt területeket kerüli. Amerikában árnyéktűrő fajnak számít, erdőkben is megtalálható [25].

A fiatal hajtások a selyemkórónál korábban, március környékén bújnak elő a földből, majd augusztus-szeptember környékén virágoznak – ez tipikus példája a vacant niche hipotézisnek, mivel ekkorra már egy, hasonló niche-t használó faj sem nyílik. A repítőszőrös magok szeptemberre-októberre érnek be, majd a szél által terjednek – megintcsak a niche breadth hipotézist fedezhetjük fel. Ennél a fajnál is fontos szerepet játszik a gyöktörzs a terjeszkedésben, ugyanakkor a magas aranyvessző esetében szinte csak a phallanx-módszer valósul meg, emiatt viszont inkább foltokban helyezkedik el egy-egy állomány, nem pedig egy egész területet kolonizál [25].

A magas aranyvesszőt először a 18. században dísnövényként kezdték el ültetni Nyugat-Európában, majd egy körülbelül száz éves késleltetési időszak után, a 19. században kezdte meg invázióját: első adatai Németországból az 1830-as évekből származnak, 1850 és 1880 között elérte Közép-Európát, 910 km²-t terjeszkedve évente. 1950-re elérte mai elterjedési területének határait: Nyugat-Európától Moszkva vonaláig, Észak-Olaszországtól a Balti államokig található meg. Terjeszkedésében fontos szerepet játszottak az út- és vasúthálózatok, ezek

mentén telepedett meg a bolygatott, degradált területeken, valamint a vízenyős élőhelyeken [25]. Ugyanakkor van az élőhelyválasztásban egy fontos különbség az amerikai és az európai populáció között: Európában a *Solidago gigantea* szívesen megtelepszik száraz, nyílt területeken is, de a zárt erdőket kerüli [26]. Terjeszkedésében a másik fontos utat a folyóvizek jelentették: a vízparton növő egyedek rizómáinak darabjai letörve nagy távolságokat tehetnek meg, majd megfelelő helyen a darabok újra kicsírázhatnak [25].



5. ábra: a magas aranyvessző elterjedési térképe az északi félgömbön (forrás: [25])

Terjeszkedését hasonló faktorok segítik, mint a selyemkóró esetében: a repítőszőrös magok, a rizóma jelenléte, illetve a kevés herbivór és parazita. Ellentétben a selyemkóróval, a magas aranyvessző meg tudta változtatni az élőhelypreferenciáját (és ezzel a nedvesséigényét), valamint az amerikai állományhoz képest sok növényi jellege is megváltozott az európai állománynak: szignifikáns különbséget láttak az európai állomány javára a biomasszában (egy növényre vonatkoztatva 126 g Észak-Amerikában, 202 g Európában), a tövek hosszában (131 cm vs 168 cm), a virágzat hosszában (24 cm vs 40 cm), a szár átmérőjében (6 mm vs 7,7 mm), a rizóma hosszában (24 cm vs 31 cm) és átmérőjében (47 mm vs 55 mm), de a legjelentősebb különbség a rizómák számában (6,7 darab/m² vs 16,8 darab/m²) és a tövek denzitásában (Amerikában 35,5 tő/m², Európában 78,9 tő/m²) van [27]. Ennek több oka is lehet: szerepe lehet az éghajlatnak, a paraziták és az özönnövényt fogyasztó fajok hiányának, de azt sem szabad elfelejteni, hogy egy fajt az őshonos társulásában a többi faj jobban „vissza tudja fogni”, mint egy új élőhely társulásának fajtái [27].

A *Solidago gigantea* talán még a selyemkórónál is jelentősebben tudja átalakítani az előzőnlött terület ökoszisztémáját. Az özönnövény szára nagyon magasra nő, és bár a levélfelülete nem olyan nagy, mint a selyemkórónak, de sokkal több levél helyezkedik el a száron, a tövek pedig nagyon magas denzitással nőnek (29-167 tő/m²) [25]. Ennek köszönhetően a magas aranyvessző - nyilván sokkal kisebb léptékben - egy „zárt erdőt” hoz létre, hiszen a gyepszintig alig jut el fény, ezzel pedig az invazív faj kiszorít sok kevésbé kompetitív növényfajt is. A flóra megváltozása pedig a fauna megváltozását is magával hordozza. Emellett a *Solidago gigantea* megváltoztatja az adott terület talaját is, elég csak arra gondolni, hogy a minden ősszel elszáradó hajtások mekkora biomasszát hoznak létre [25].



6. ábra: a magas aranyvessző virágzata (saját kép)

A magas aranyvessző elleni védekezés is igen nehéz, köszönhetően a gyöktörzseknek, amikről évente újra tud sarjadni. Sikeres kezelés lehet az évente való, virágzás előtti kaszálás, és a talaj átforgatása, de ezzel megnyitjuk a talajt, ami más invazív fajoknak adhat lehetőséget a megtelepedésre, illetve ezzel őshonos fajokat is eltüntetünk a területről [27].

A selyemkóró és a magas aranyvessző európai terjeszkedésében és az ezt segítő faktorokban tehát nagyon sok a hasonlóság. Hazájában mindkét faj a mérsékelt övön, a Sziklás-hegységtől keletre, egészen a Keleti partig terjedt el és emberi segítséggel, mint dísnövény, vagy haszonnövény került Európába. Inváziójuk nem indult el egyből, a vasútvonalak és az

úthálózatok segítségével kezdődött el. Elsősorban a degradált, bolygatott területeket foglalták el, az őshonos fajokat pedig elsősorban a „leárnyékolásukkal” tudták kiszorítani. Mindkét faj rizómával rendelkezik, ami megnyitja számukra a lehetőséget a vegetatív szaporodásra. Hajtásaik már tavasszal megjelennek, magjaik pedig repítőszőrrel nagyobb távolságokat is megtehetnek. Európában egyik özönnövényt sem fogyasztja sok faj, ahogy nincs természetes parazitájuk sem az előzőnlött területeken.

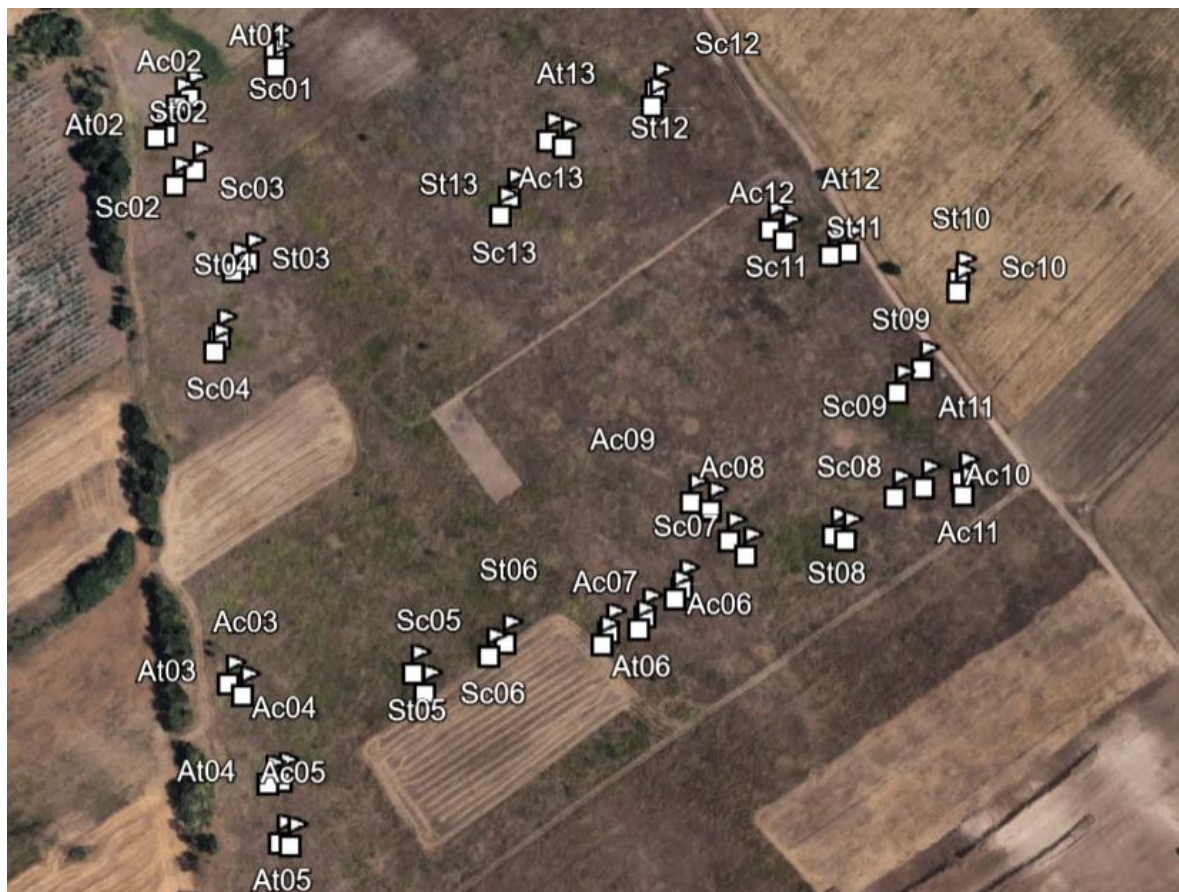
III. Célkitűzés

Kutatásom során arra a kérdésre kerestem a választ, hogy ez a két, elsősorban nyílt, síkvidéki területeket kolonizáló özönnövény hogyan befolyásolja egy homokparlaggyep növényfajainak virágzási fenológiáját, tehát az özönnövény jelenléte képes-e késleltetni, vagy esetleg előre hozni az egyes fajok virágzási időszakát. Hipotézisem szerint a két invazív faj elsősorban a késő tavasszal és nyáron nyíló, alacsonyabb szármagasságú fajokra fog hatni leárnyékolás útján, mivel magas, nagy levélfelületű fajokról van szó. Mivel a magas aranyvessző denzitása sokkal magasabb, mint a selyemkóróé, elsősorban ettől a fajtól számítok észlelhető eredményre.

Mindemellett vizsgáltam azt is, hogy az özönnövény jelenléte hogyan hat a fajok virágszámára, ebben az esetben is elsősorban az aranyvesszőtől számítok arra, hogy több fajra lenne negatív hatással.

IV. Anyag és módszer

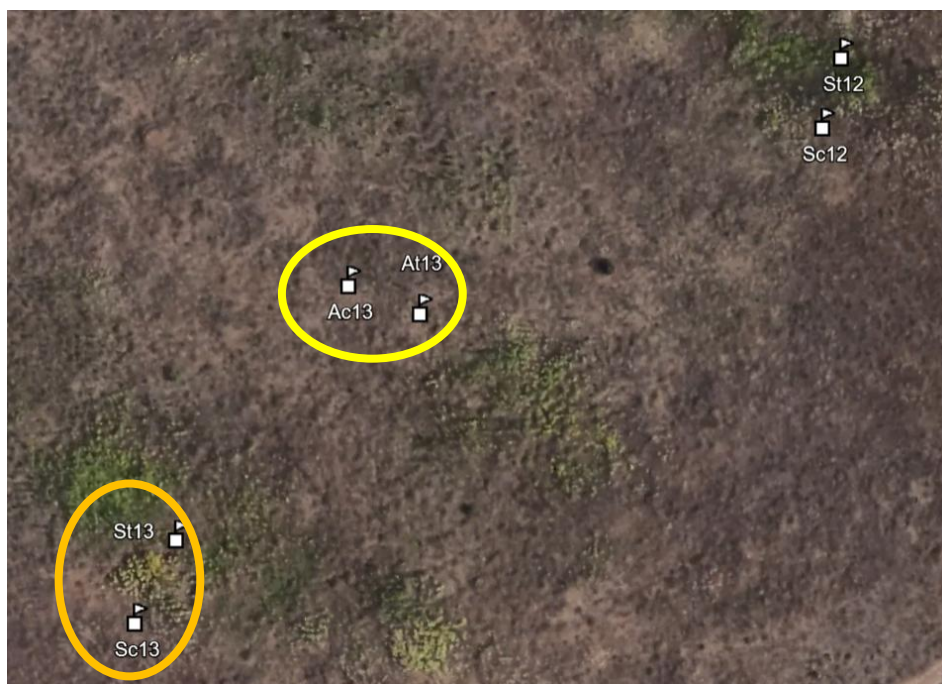
A kutatás során kvadrátpárokat használtunk: 12 selyemkóróval és 9 magas aranyvesszővel borított 4 m²-es (2*2 méteres) kvadrátpárt jelöltünk ki, melyek egyikében nem voltak jelen az invazív fajok (a továbbiakban kontroll kvadrát), míg a másikon ők adták a fő borítást (a továbbiakban előzőnlött kvadrát). A mintaterület Mogyoród, Szada és Veresegyház határában, egy néhány évtizede még használatban levő homokparlaggyep volt. A terület többé-kevésbé sík, míg az egykori használatnak köszönhetően a legtöbb, mikrodomborzatot befolyásoló tényező (pl. sziklák) el lett távolítva a talajból. A területen az őshonos homoki flóra és az invazív fajok jelenléte egyaránt érzékelhető.



7. ábra: a mintakvadrátok elhelyezkedése (Sc – Solidago kontroll: a magas aranyvessző által előzőnlött kvadrátok kontrollja; St – Solidago treatment: a magas aranyvessző által előzőnlött négyzetek; Ac – Asclepias kontroll: a selyemkóró által előzőnlött kvadrátok kontrollja; At – Asclepias treatment: a selyemkóró által előzőnlött négyzetek) (forrás: earth.google.com))

A kvadrátpárok kijelölése télen (februárban) történt, hogy a vegetatív mintázatok minél kevésbé befolyásolják a mintavételt, így csak az özönnövények előző évi kóróinak a jelenlétére és sűrűségére hagyatkoztunk.

A virágzási szezon során havonta egy alkalommal felvételeztem a kvadrátokat, márciustól szeptemberig. Feljegyeztem a virágzó fajok számát és a virágzó fajok tőszámát, valamint az invazív növényfajjal borított kvadrátokban az özönnövény százalékos borítását.



8. ábra: egy selyemkórós (sárgával jelölve) és két aranyvesszős kvadrátpár (narancssárgával jelölve)

Ugyan eredetileg 13-13 kvadrátpárt jelöltünk ki, de ezek közül 4 magas aranyvesszős, és egy selyemkórós kvadrátpárt ki kellett venni a felmérésből, mivel a másik invazív faj túl nagy arányban jelent meg az özönnövénnyel borított kvadrátokban.



9. ábra: a mintaterület a kvadrátok kijelölésének időpontjában: jól látható az aranyvessző töveinek sűrűn állása (a képen balra) és a selyemkóró kóróinak szórta elhelyezkedése (a képen jobbra) (forrás: Lengyel Attila)

Az adatelemzést az R-ben futattam. 4 általánosított lineáris kevert modellt alkalmaztunk (glmmTMB, Poisson eloszlással, a random faktor a KVADRÁTPÁR volt), majd a fajra legjobban illeszkedő modellt kerestük (ezt AIC teszttel állapítottuk meg minden faj esetén), illetve Wald teszttel is értékeltük a modelleket. A 4 modell a következő volt:

- 1) VIRÁGZÓ EGYEDSZÁM ~ FELMÉRÉS IDŐPONT² + FELMÉRÉS IDŐPONTJA
- 2) VIRÁGZÓ EGYEDSZÁM ~ ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE
- 3) VIRÁGZÓ EGYEDSZÁM ~ FELMÉRÉS IDŐPONT² + FELMÉRÉS IDŐPONTJA + ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE
- 4) VIRÁGZÓ EGYEDSZÁM ~ FELMÉRÉS IDŐPONT² * ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE + FELMÉRÉS IDŐPONTJA * ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE

Az 1-es modell azt feltételezi, hogy a faj virágzását kizárólag az idő, míg a 2-es modellben kizárólag az invazív faj jelenléte határozza meg. A 3-as modellben mindkét tényező szerepel, de egymástól független főhatásokként. A 4-es modellben a virágzási idő és az özönnövény interakciója is szerepel, ezzel detektálni lehet vele, ha a faj virágzási idejét az özönnövény jelenléte megváltoztatja.

A multikollinearitás elkerülése végett a felmérés időpont változót centralizáltuk, ugyanakkor ezt az eredeti modellbe nem építettük be, csak az egyetemi Tudományos Diákköri Konferencia után. Az új modell kevés helyen ugyan, de megváltoztatott egy-két eredményt, viszont nem szeretnék fals eredményeket leköszölni, így innentől centralizálás utáni eredményeket szeretném bemutatni.

A négyzetek fajszeit kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze.

V. Eredmények

1. A magas aranyvessző és a selyemkóró hatásai a virágzó fajok számára

A felmérések során 90 virágzó fajt detektáltam a kvadrátokban, ezek közül 38 faj esetében volt megfigyelhető a felmérés időpontjának, vagy az özönnövény jelenlétének szignifikáns hatása a virágzó tövek számára - a 10 legtöbb megfigyeléssel rendelkező mindegyikénél volt vagy az invazív növény jelenlétének, vagy a felmérés időpontjának szignifikáns hatása, emiatt joggal feltételezhetjük, hogy a többi faj jelentős részénél a kevés adat miatt nem lettek szignifikáns adataink (legalább az időpontra nézve).

	összes kvadrát	aranyvesszős kvadrátok	selyemkórós kvadrátok
<i>korán nyíló egyéves fajok száma</i>	9	5	6
<i>korán nyíló évelő fajok száma</i>	6	3	5
<i>későn nyíló egyéves fajok száma</i>	12	8	10
<i>későn nyíló évelő fajok száma</i>	9	6	7

1. táblázat: (a legalább) az egyik modellre szignifikáns eredményt mutató fajok megoszlása az invazív növények által előzölött kvadrátokban, illetve azok kontrolljaiban

A fajokat az Új Magyar Fűvészkönyv alapján 4 kategóriába osztottuk [28]:

- *korán nyíló egyévesek*: márciustól júniusig nyíló fajok, amelyeknek nincs föld alatti raktározó szervük, amellyel túlélhetnék a telet és a következő évben újra kihajthatnának.
- *korán nyíló évelők*: márciustól júniusig nyílnak, de föld alatti raktározó szerveik segítségével képesek a következő évben is újjahajtani (a kétéves fajokat is idevettük).
- *későn nyíló egyévesek*: júliustól szeptemberig nyílnak, nincs föld alatti raktározó szervük, amellyel túlélhetnék a telet és a következő évben újra kihajthatnának.
- *későn nyíló évelők*: júliustól szeptemberig nyílnak, föld alatti raktározó szerveik segítségével képesek a következő évben is újjahajtani (a kétéves fajokat is idevettük).

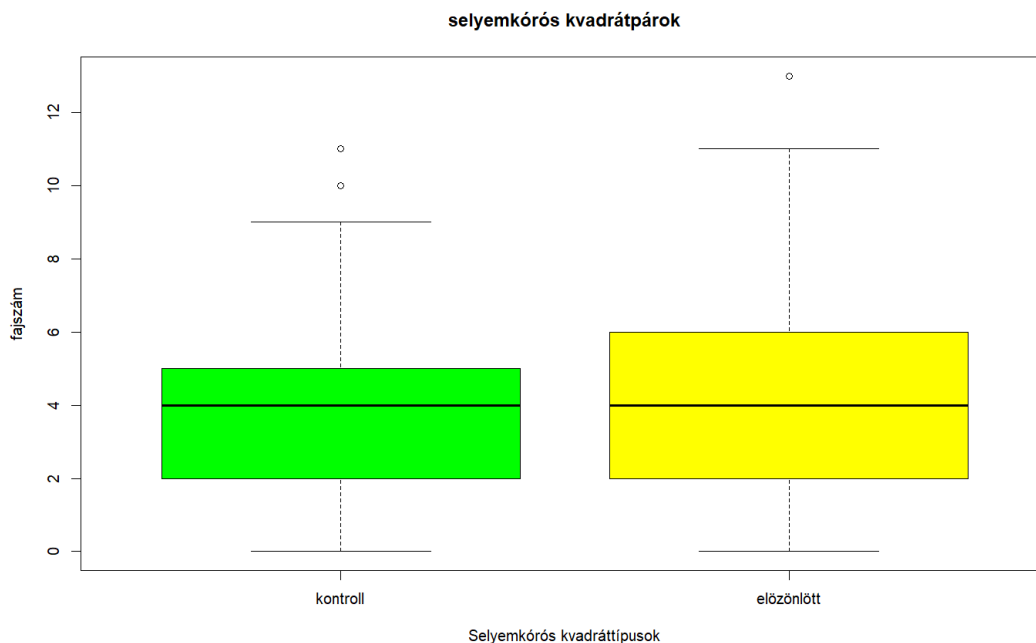
A korán nyíló és a későn nyíló szignifikáns értékeket mutató fajok számában nem volt szignifikáns eltérés ($p=0,29$), ahogy az évelők és az egyévesek között sem volt jelentős különbség ($p=0,29$). Bár a selyemkórós kvadrátokban minden esetben több volt a szignifikáns értékeket mutató faj, de ez sem nevezhető szignifikáns különbségnek ($p=0,36$) (1. táblázat).

összes kvadrát	adat	magas aranyvesszős kvadrátok	adat	selyemkórós kvadrátok	adat
betyárkóró (<i>Erigeron canadensis</i>)	74	keskenylevelű perje	27	betyárkóró	57
keskenylevelű perje (<i>Poa angustifolia</i>)	60	betyárkóró	17	keskenylevelű perje	33
buglyos fátylvirág (<i>Gypsophila paniculata</i>)	48	parlagfű	16	buglyos fátylvirág	33
kunkorgó árvalányhaj (<i>Stipa capillata</i>)	44	buglyos fátylvirág	15	kunkorgó árvalányhaj	33
parlagfű (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	40	parlagi pipitér	14	parlagfű	24
rekettyelevelű gyújtóványfű (<i>Linaria genistifolia</i>)	37	rekettyelevelű gyújtóványfű	14	rekettyelevelű gyújtóványfű	23
békamadárhúr (<i>Cerastium semidecandrum</i>)	36	békamadárhúr	14	békamadárhúr	22
parlagi pipitér (<i>Anthemis arvensis</i>)	35	fehér mécsvirág	13	szulák keserűfű (<i>Fallopia convulvulus</i>)	22
egynyári seprence (<i>Erigeron annuus</i>)	34	egynyári seprence	13	egynyári seprence	21
fehér mécsvirág (<i>Silene alba</i>)	30	tecei csenkesz (<i>Festuca pseudovaginata</i>), homoki habszegfű (<i>Silene conica</i>)	11	parlagi pipitér	21

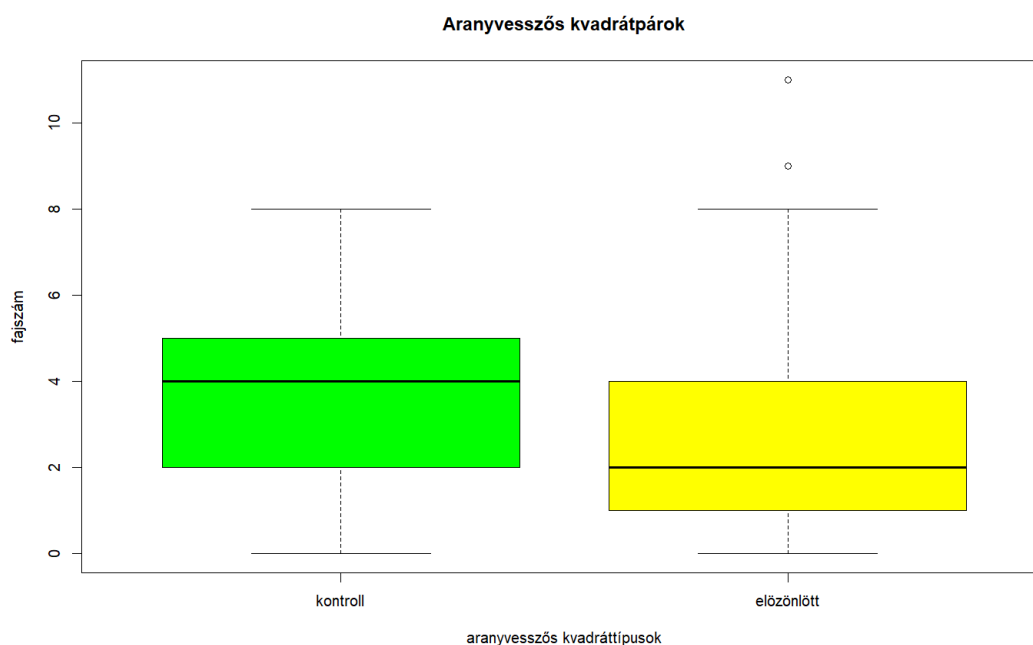
2. táblázat: a 10 legabundánsabb faj megoszlása az előzőnlött kvadrátokban, illetve azok kontroll négyzeteiben

A 2. táblázatban láthatjuk a 10 leggyakoribb fajt az alapján, hogy hány kvadrátban volt megfigyelésük (adat) a felvételezés során. A megfigyelés nem az egyedek, hanem a kvadrátok számát írja le, ahol megfigyeltem a fajt. Jól kitűnik, hogy a selyemkórós és a magas aranyvesszős kvadrátok legabundánsabb fajainak összetételében nincs eltérés, sőt, még a sorrendben sincs jelentős különbség. Ugyanakkor a megfigyelések számában jelentős különbség van a selyemkórós és a magas aranyvesszős négyzetek között: a táblázatban látható

fajok sokkal több selyemkóróval borított négyzetben (és annak kontroll négyzeteiben) voltak jelen, mint magas aranyvesszősben ($p=0,0041$). A 2. táblázatban látható 13 fajból mindössze három volt (a parlagfű és a keskenylevelű perje a selyemkórós kvadrátban és a tecei csenkesz mindkét kvadráttípusban), amely esetében nem volt se a felmérés időpontjának, se az invazív faj jelenlétének szignifikáns hatása.



10. ábra: a virágzó fajszám gyakorisága a havonta való felvételezés során, a selyemkórós kvadrátpárokból



11. ábra: a virágzó fajszám gyakorisága a havonta való felvételezés során, a magas aranyvesszős kvadrátpárokból

Ha összehasonlítjuk a 4 kvadráttípus (aranyvesszővel borított, aranyvesszős kontroll, selyemkóróval borított, selyemkórós kontroll) havonta felvételezett fajszámát, nem találunk szignifikáns különbséget a két kontroll-típus között ($p=0,958$), ugyanakkor az előzőnlött kvadráttípusok között már nagyon jelentős a különbség: a selyemkóróval borított négyzetekben a havi mintafelvételek során átlagosan 1,82-vel több fajt detektáltunk, mint az aranyvesszővel előzőnlött kvadrátokban ($p<0,0001$). Sőt, mi több, a selyemkóróval előzőnlött és ezek kontroll kvadrátjainak fajszámában sem találtunk szignifikáns különbséget (átlagosan 3,8 faj a kontroll, 4,31 faj az előzőnlött négyzetekben, $p=0,21$) (11. ábra). A magas aranyvesszővel borított kvadrátokban szignifikánsan alacsonyabb volt a havonta való felvételezések során a fajszám, mint a kontroll kvadrátokban, (1,28 fajjal több a kontroll kvadrátokban, $p=0,002$) (12. ábra).

2. Az özönnövények hatása a virágzó tövek számára

	magas aranyvesszővel borított kvadrátok	selyemkóróval borított kvadrátok
<i>korán nyíló egyévesek</i>	3.	3./4.
<i>korán nyíló évelők</i>	3.	3.
<i>későn nyíló egyévesek</i>	3.	3./4.
<i>későn nyíló évelők</i>	3.	1./3.

3. táblázat: a legjobban illeszkedő modellek az özönnövénnyel borított kvadrátokban, illetve azok kontroll négyzeteiben

A 4 modell közül a legtöbb esetben a 3. számú modell ($\text{VIRÁGZÓ EGYEDSZÁM} \sim \text{FELMÉRÉS IDŐPONT}^2 + \text{FELMÉRÉS IDŐPONTJA} + \text{ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE}$) illeszkedett a virágzó egyedek számára, mint függő változóra (3. táblázat). A magas aranyvessző által előzőnlött négyzetekben mind a 4 kategória fajainak nagy többségére a 3. számú modell illeszkedett a legjobban. A *Solidago gigantea* vegetatív hajtásai már az első felmérés során előbújtak a földből, emiatt érthető, hogy az egész év során fontos szerepe volt az invazív faj jelenlétének.

A selyemkóró által előzőnlött kvadrátok esetében is nagy szerepe volt az özönnövény jelenlétének, és a 3. modell itt is a legjobban illeszkedő modellek között van, de az egyévesek esetében sokszor a 4. modell illeszkedett legjobban ($\text{VIRÁGZÓ EGYEDSZÁM} \sim \text{FELMÉRÉS IDŐPONT}^2 * \text{ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE} + \text{FELMÉRÉS IDŐPONTJA} * \text{ÖZÖNNÖVÉNY JELENLÉTE}$). Az egyéves növények szármagassága sok esetben alacsony, emiatt itt is fontos szerepe lehet a nagy szármagasságú invazív fajoknak, mint az *Asclepias syriaca*.

	magas aranyvessző hatása			
	++	+	-	--
korán nyíló egyévesek	mezei árvácska (<i>Viola arvensis</i>)		békamadarhúr (<i>Cerastium semidecandrum</i>)	ujjaslevelű veronika (<i>Veronica triphyllos</i>), közönséges ternye (<i>Alyssum alyssoides</i>)
korán nyíló évelők		kúszó szentperje (<i>Hierochloe repens</i>)	keskenylevelű perje	
későn nyíló egyévesek		borzas nefelejcs (<i>Myosotis ramosissima</i>), parlagi nefelejcs (<i>Myosotis arvensis</i>)	parlagfű, parlagi pipitér, betyárkóró	fehér mécsvirág, mezei szarkaláb (<i>Consolida regalis</i>)
későn nyíló évelők			rekettyelevelű gyűjtoványfű	vajszínű ördög szem (<i>Scabiosa ochroleuca</i>), buglyos fátyolvirág

4. táblázat: a magas aranyvessző hatása a homoki parlaggyep virágzó fajainak tőszámára ((++) - erős pozitív, (+) - egyhanyagolható pozitív, (-) - elhanyagolható negatív, (--) - erős negatív hatás

	selyemkóró hatása			
	++	+	-	--
korán nyíló egyévesek		törpe árvácska (<i>Viola kitaibelliana</i>)	saláta-galammbegy (<i>Valerianella locusta</i>), homoki habszegfű (<i>Silene conica</i>)	nagyvirágú laputurbolya (<i>Orlaya grandiflora</i>)
korán nyíló évelők		kúszó szentperje	franciaperje (<i>Arrhenatherum elatius</i>), homoki árvalányhaj (<i>Stipa borysthena</i>)	farkas kutyatej (<i>Euphorbia cyparissias</i>)
későn nyíló egyévesek			borzas nefelejcs, tarlóhere (<i>Trifolium arvense</i>), szulák-keserűfű (<i>Fallopia convolvulus</i>)	ékes vasvirág (<i>Xeranthemum annuum</i>)
későn nyíló évelők	közönséges orbáncfű (<i>Hypericum perforatum</i>)		kunkorgó árvalányhaj (<i>Stipa capillata</i>)	

5. táblázat: a selyemkóró hatása a homoki parlaggyep virágzó fajainak tőszámára ((++) - erős pozitív, (+) - egyhanyagolható pozitív, (-) - elhanyagolható negatív, (--) - erős negatív hatás

A 4. és 5. táblázat mutatja meg, hogy az özönnövények milyen hatást gyakoroltak az egyes fajok virágzó tőszámára. Mivel a magas aranyvessző vegetatív tövei már a felmérés kezdetekor is előbújtak, számítani lehetett rá, hogy több korán nyíló fajra is hatással lesz. A korán nyíló egyéves növények sokszor kifejezetten apró termetűek, emiatt ezeket könnyen le tudják „árnyékolni” az özönnövény tövei, vagy akár a tavalyi évről ott maradt kórók is. A korán nyíló évelő fajok - melyeknél szignifikáns eredmény jött ki - szinte mind a Poaceae család tagjai, itt a hatások elhanyagolhatóak, viszont érdemes megemlíteni, hogy a kúszó szentperje a mintaterületen a siska nádtippán (*Calamagrostis epigejos*) által borított foltokban igen nagy

számban nőtt. A siska nádtippanról pedig ismert, hogy le tud árnyékolni egy-egy területet, főleg előző évi leveleinek köszönhetően. A hatás tehát hasonló, mint a *Solidago gigantea* esetében.

A selyemkóró vegetatív hajtásai áprilisban bújnak elő, és bár nem állnak olyan sűrűn, mint a magas aranyvessző hajtásai, de így is képesek lehetnek leárnyékolni egy-egy alacsonyabb fajt, mint például a salátagalambbegyet.

A magas aranyvessző igen sok későn nyíló egyéves növényfajra hat negatívan, hiszen ekkorra már az állomány eléri végső magasságát, a tövek nagyon sűrűn állnak. Emiatt olyan fénykedvelő fajokat tud visszaszorítani, mint a mezei szarkaláb ($p=0,0152$) és a fehér mécsvirág ($p=0,0015$). Az olyan, árnyéktűrő és nitrogén-kedvelő fajok virágzó tőszámára, mint a nefelejcské viszont pozitívan hat (mindkét esetben $p<0,0001$), hiszen a növény miatt megváltozott a talaj összetétele, valamint az árnyéktűrő növények kompetitorait pedig kiszorította a magas aranyvessző.

A selyemkóró is negatívan hatott több fajra is, mint például az igen erősen fénykedvelő ékes vasvirágra ($p<0,0001$), vagy a tarlóherére ($p=0,02$), de negatívan hatott az árnyéktűrő borzas nefelejcsre is ($p<0,0001$).



12. ábra: a kúszó szentperje az elsők között megjelenő növényfaj volt tavasszal (forrás: Lengyel Attila)



13. ábra: a betyárkóró a kontroll kvadrátok leggyakoribb faja volt késő nyáron és ősszel (saját kép)

A *Solidago gigantea* erősen negatív hatást gyakorolt a későn nyíló évelő fajoknál. A magas aranyvessző magas térbeli denzitása miatt az évelő fajok már egy erősen „leárnnyékolt” szituációban kezdenének el virágozni, amit sem az nem segít, hogy a beporzók nagy örömmel látogatják a föléljük „tornyosuló” invazív faj virágait, sem az, hogy az aranyvessző rizómái és phallanx-szerű terjeszkedése miatt a talajban is gyorsabban el lehetnek nyomva. Például a buglyos fátyolvirág, amelynek ágai szerteágaznak és nagy területet fednek le, nem tud megfelelően kifejlődni, ha minden oldalról a magas aranyvessző veszi körül ($p=0,0008$). Ennek következményeként az előzőnlött területen növő egyedek egy idő után eltűnnek az adott területről, ellentétben a kontroll kvadrát nyílt parlaggyepével, ahol sok esetben ők számítanak a domináns fajnak.

A selyemkóró által uralt területeken ezt nem lehet tapasztalni, mivel az özönnövény denzitása nem elég magas ahhoz, hogy olyan, évelő, alaphelyzetben erős kompetíciós képességű fajokat kizárjon, mint például a vajsínű ördögszem ($p=0,0795$). Emellett az *Asclepias syriaca* augusztus végére – szeptember elejére elveszti leveleinek jelentős részét, emiatt néhány ilyenkor nyíló fajt már ez sem akadályoz a virágzásban.



14. ábra: a homoki árvalányhaj a homokgyepek egyik védett karakterfaja (saját kép)

A selyemkóró a Kelemen et al., 2016-os kutatása szerint elsősorban azokat a fajokat képes kiszorítani, vagy visszaszorítani egy adott területen, amelyeknek a kompetíciós képessége

alacsony, tehát alacsony a magtömeg értéke és az SLA-ja [21]. Ez a magas aranyvessző és a selyemkóró hatásait vizsgálva is egyértelműen bebizonyosodott.

A fent leírtakat valamelyest árnyalja, ha megnézzük, van-e korreláció (Spearman-féle rangkorrelációt használtunk) az előzőnlött kvadrát invazív borítása és a fajok virágzó tőszáma között: a selyemkóró borítása és sok, az 5. táblázatban feltüntetett faj virágzó tőszáma között nincs korreláció (Spearman's $R < 0,1$), illetve sok esetben a táblázatban feltüntetett gyenge pozitív vagy negatív hatások ellentétesek voltak a korrelációs tesztek eredményeivel (pl. homoki habszegfű esetében negatív hatás a lineáris kevert modell alapján, de Spearman's $R = 0,33$). Hasonló esetek megfigyelhetők voltak a magas aranyvesszővel borított négyzetekben is, igaz itt még általánosabb volt, hogy nem találtunk korrelációt (Spearman's $R < 0,1$) a borítás növekedése és a virágzó tőszám között.

3. Az invazív fajok hatása az őshonos növények fenológiájára

Fenológiai eltolást egy faj esetében detektáltam: a békamadárhúr virágzó töveinek számára a felmérés időpontja pozitív hatással volt (tehát minél később vettük fel a virágzó tövek számát – esetünkben márciusról áprilisra, annál több volt a tövek száma), ám ez a selyemkóró jelenlétében megváltozott és a pozitív hatás negatívvá vált (12,23-ról -6,6-ra, $p=0,0153$). Tehát az idő előre haladtával egyre kevesebb volt a virágzó tövek száma, a faj előbbre hozta a virágzását, mielőtt kibújna a vegetatív hajtása a selyemkórónak, ami elnyomná.



15. ábra: békamadárhúr (forrás: Lengyel Attila)

A terepi felvételezések közben sikerült a területen megfigyelni 3 védett növényfajt, a homoki árvalányhaját, a homoki imolát (*Centaurea arenaria*) és a Kárpát-medencében bennszülött budai imolát (*Centaurea sadleriana*). Emellett egy fokozottan védett rovarfajt, a keleti rablópillét (*Libelloides macaronius*) is sikerült kimutatni a területről.



16. ábra: budai imola (saját kép)



17. ábra: keleti rablópille (saját kép)

VI. Diszkusszió

Az invazív növényfajok terjeszkedése a 21. század egyik legfontosabb ökológiai, természetvédelmi problémája, ezen özönnövények között is kiemelkedő helyet foglal el a magas aranyvessző és a selyemkóró, amelyek sok esetben a homoki degradált területeken tudnak jelentősen elterjedni.

Kutatásomban az említett két özönnövény hatását vizsgáltam homoki parlaggyepek fajainak virágzási fenológiájára és virágzó töveinek számára. Előbbi kérdéssel kapcsolatban (tehát, hogy egy invazív faj hatására képes-e egy másik faj megváltoztatni a virágzását) eddig nem létezett szakirodalom, emiatt különösen fontos kérdésnek gondolom.

Fenológiai eltolást egy faj esetén sikerült kimutatni: a selyemkóró hatására a békamadárhúr korábban kezdett el virágozni, mint az őshonos gyeptársulásban. Ennek oka minden bizonnyal azzal indokolható, hogy egy alacsonyra növvő, korán nyíló egyéves fajról van szó, ami megpróbál azelőtt virágozni, mielőtt a selyemkóró hajtásai kibújnának a földből és elnyomnák. Ennek pontos okát nem tudjuk, hiszen egy terepi kutatásról van szó, emiatt könnyen lehet, hogy van olyan tényező, amit nem detektáltunk. Könnyen lehet, hogy a selyemkóró valamilyen anyagot termel, ami ilyen hatást idéz elő a békamadárhúr esetében.

Fontos megjegyezni, hogy a havonta történő terepi felvételezés miatt minden bizonnyal nem tudtunk kimutatni más, létező csak kisebb léptékű fenológiai eltolódásokat, emiatt „kénytelenek” voltunk a nagymértékű eltolásokra koncentrálni, amelyek az adott terület ökoszisztémájára legjobban hatnak. Másik aspektus, hogy az idei év különleges volt, hiszen sok faj sokkal korábban kezdte meg fenológiai ciklusait (pl. lombfakadás, virágzás), mint az megszokott. Emiatt (is) tervezem a kutatást tovább folytatni a következő években, ugyanakkor az idei év egy jó példa lehet a klímaváltozás miatt folyamatosan melegedő évek trendjeire.

A havonta való mintavételezés során a virágzó fajok tőszámát és fajszerkezetét vettük fel. A magas aranyvessző által borított kvadrátokban kevesebb volt a havonta való felvételezések során detektált faj, mint a selyemkóróval borított kvadrátokban, illetve az aranyvesszővel borított kvadrátokban kevesebb fajt detektálhattunk, mint a kontroll négyzeteiben. Ugyanakkor a selyemkórós kvadrátok esetében ez már nem volt igaz: az invazív faj által előzőnlött négyzetekben nem volt szignifikánsan alacsonyabb a havonta való felvételezések során a virágzó fajszerkezet, mint az őshonos gyeppel borított kontroll kvadrátokban, ugyanakkor ez a szám önmagában félrevezető lehet, hiszen a selyemkóróval borított kvadrátokban olyan invazív

fajok is növelhették a fajszámot, mint a betyárkóró, vagy a parlagfű, amelyek sok esetben a zárt, őshonos gyepekben nem tudtak megtelepedni.

A selyemkóró és a magas aranyvessző térbeli denzitásában komoly különbségek vannak, köszönhetően annak, hogy a magas aranyvessző tövei sokkal sűrűbben állnak, ez pedig jelentősen befolyásolja, hogy hogyan hat a két invazív faj a homoki parlaggyepek növényeire. A selyemkóró elsősorban az egyéves növényekre fejt ki negatív hatást, ugyanakkor a tövek alacsony denzitása miatt ez a hatás sok esetben nem túl erős.

A magas aranyvessző hajtásai tavasz elejétől kint vannak a földből, ez pedig azt eredményezi, hogy sok fajcsoportra negatívan hat. Kivételek ebből az árnyéktűrő, nitrogénkedvelő fajok (pl. nefelejcs fajok, kúszó szentperje), hiszen ezen fajok - esetlegesen a homokparlaggyepeken sikeresebb - kompetitorait az özönnövény visszaszorítja, valamint megváltoztatja a talaj összetételét. Az aranyvessző legjelentősebb negatív hatásai késő nyáron mutatkoznak, ekkorra éri el végső magasságát, kezd nyílani, ez pedig a „lombkorona” bezáródásával jár, ami miatt nem jut le elég fény az aranyvesszőnél alacsonyabb fajok számára, ennek is köszönhető az aranyvessző erős hatása a vizsgált fajokra.

Az özönnövényborítás és a virágzó tőszám korrelációját vizsgálva ugyanakkor nem találunk egyértelmű tendenciát a virágzó tövek számának csökkenése (vagy növekedése) és a borítás növekedése között, ami azt sejteti, hogy a valódi hatást az invazív növény jelenléte és nem a borításának nagysága éri el, tehát nem feltétlenül egy leárnyékolási folyamatot láthatunk, hanem a talaj összetételének megváltozását (pl. talajnedvesség, N-tartalom). Ugyanakkor ezt a későbbiekben még fontos lenne vizsgálni.

Összességében tehát a hipotézisünk első fele nem bizonyult igaznak, hiszen a fenológiai eltolást nem a magas aranyvessző, hanem a selyemkóró hatására sikerült kimutatni, és a virágzási idő nem későbbre csúszott, hanem korábbra tolódott. A hipotézis második fele viszont részben bizonyítást nyert, ugyanis a *Solidago gigantea* magas térbeli denzitásának köszönhetően több faj virágzó töveinek számára hatott (elsősorban negatívan) szignifikánsan, mint a selyemkóró, ugyanakkor ebben minden bizonnyal a talaj átformálása is fontos szerepet játszhatott.

VII. Köszönetnyilvánítás

Ez a dolgozat nem jöhetett volna létre témavezetőm, Lengyel Attila nélkül, aki egészen a kutatási ötlet megalkotásától az utolsó simításokig támogatta munkámat, és még azt is elviselte, ha esetleg az éjszaka közepén, vagy egy nappal valamilyen határidő előtt bombáztam a kérdéseimmel. Köszönöm Szüleimnek a folyamatos, töretlen támogatását és segítségét, még ha ez benzinbe, időbe és a kocsi tisztaságába is fájt nekik. Köszönöm Barátnőmnek, hogy mindig megpróbálja megkönnyíteni a nehezebb napokat, Szántó Bencének pedig a tudományos szemléletmód indirekt átadását.



VIII. Irodalomjegyzék

1. Blaker D (1971) RANGE EXPANSION OF THE CATTLE EGRET. Ostrich 42:27–30. <https://doi.org/10.1080/00306525.1971.9633394>
2. Crosby GT (1972) Spread of the Cattle Egret in the Western Hemisphere. Bird-Band 43:205. <https://doi.org/10.2307/4511880>
3. Lombardini K, Bennetts RE, Tourenq C (2001) Foraging Success and Foraging Habitat Use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France. The Condor 103:38–44. <https://doi.org/10.1093/condor/103.1.38>
4. rarebirds.hu - A Kárpát-medence ritka madarai. <https://www.rarebirds.hu/species.php?id=8>. Accessed 15 Oct 2024
5. Kallivoda B, Sármayné Láng K Gémtelepek a Dél-Tiszántúlon= Heron colonies in South-Tisza. Crisicium Körös-Maros Nemzeti Park Időszakos Kiadványa 165–198
6. Zalai T, Oláh J (2017) Új és ritka madárfajok, új fészkelők a Hortobágy faunájában 2004 és 2016 között. Virgo 203–218
7. (2021) ALBOPICTUS - Szúnyogmonitor. <https://szunyogmonitor.hu/albopictus/>. Accessed 15 Oct 2024
8. Csiky J, Balogh L, Dancza I, Gyulai F, Jakab G, Király G, Lehoczky É, Mesterházy A, Pósa P, Wirth T (2023) Checklist of Alien Vascular Plants of Hungary and Their Invasion Biological Characteristics. Acta Bot Hung 65:53–72. <https://doi.org/10.1556/034.65.2023.1-2.3>
9. Csontos P, Vitalos M, Barina Z, Kiss L (2010) Eddig feldolgozatlan herbáriumi adatok újraértelmezik a parlagfű felbukkanását és korai terjedését a Kárpát-Pannon térségbe. Bot Közlemények 97:69–77
10. Kouba A, Petrusek A, Kozák P (2014) Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. Knowl Manag Aquat Ecosyst 05. <https://doi.org/10.1051/kmae/2014007>
11. Idegenhonos inváziós fajok tudásbázisa. <http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/104>. Accessed 15 Oct 2024
12. Soto I, Ahmed DA, Beidas A, Oficialdegui FJ, Tricarico E, Angeler DG, Amatulli G, Briski E, Datry T, Dohet A, Domisch S, England J, Feio MJ, Forcellini M, Johnson RK, Jones JI, Larrañaga A, L’Hoste L, Murphy JF, Schäfer RB, Shen LQ, Kouba A, Haubrock PJ (2023) Long-term trends in crayfish invasions across European rivers. Sci Total Environ 867:161537. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161537>
13. Hager HA, McCoy KD (1998) The implications of accepting untested hypotheses: a review of the effects of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North America. Biodivers Conserv 7:1069–1079. <https://doi.org/10.1023/A:1008861115557>
14. Galbraith-Kent SL, Handel SN (2008) Invasive *Acer platanoides* inhibits native sapling growth in forest understorey communities. J Ecol 96:293–302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01337.x>

15. Plos C, Hensen I, Korell L, Auge H, Römermann C (2024) Plant species phenology differs between climate and land-use scenarios and relates to plant functional traits. *Ecol Evol* 14:e11441. <https://doi.org/10.1002/ece3.11441>
16. Gérard M, Vanderplanck M, Wood T, Michez D (2020) Global warming and plant–pollinator mismatches. *Emerg Top Life Sci* 4:77–86. <https://doi.org/10.1042/ETLS20190139>
17. Wolkovich EM, Cleland EE (2011) The phenology of plant invasions: a community ecology perspective. *Front Ecol Environ* 9:287–294. <https://doi.org/10.1890/100033>
18. Zettlemoyer MA, Ellis SL, Hale CW, Horne EC, Thoen RD, DeMarche ML (2022) Limited evidence for phenological differences between non-native and native species. *Front Ecol Evol* 10:983172. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.983172>
19. Wolkovich EM, Cleland EE (2014) Phenological niches and the future of invaded ecosystems with climate change. *AoB PLANTS* 6:. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu013>
20. Follak S, Bakacsy L, Essl F, Hochfellner L, Lapin K, Schwarz M, Tokarska-Guzik B, Wołkowiński D (2021) Monograph of invasive plants in Europe N°6: *Asclepias syriaca* L. *Bot Lett* 168:422–451. <https://doi.org/10.1080/23818107.2021.1886984>
21. Kelemen A, Valkó O, Kröel-Dulay G, Deák B, Török P, Tóth K, Migléc T, Tóthmérész B (2016) The invasion of common milkweed (*Asclepias syriaca*) in sandy old-fields – is it a threat to the native flora? *Appl Veg Sci* 19:218–224. <https://doi.org/10.1111/avsc.12225>
22. Gallé R, Erdélyi N, Szpisjak N, Tölgyesi C, Maák I (2015) The effect of the invasive *Asclepias syriaca* on the ground-dwelling arthropod fauna. *Biologia (Bratisl)* 70:104–111. <https://doi.org/10.1515/biolog-2015-0011>
23. Csecserits A, Halassy M, Rédei T, Szitár K, Botta-Dukát Z (2020) A selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) tömegességének változásai homoki parlagokon szukcesszió és természetvédelmi kezelés hatására. *Termvéd Közlemények* 26:1–15. <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2020.26.1>
24. Berki B, Botta-Dukát Z, Csákvári E, Gyalus A, Halassy M, Mártonffy A, Rédei T, Csecserits A (2023) Short-term effects of the control of the invasive plant *Asclepias syriaca* : Secondary invasion of other neophytes instead of recovery of the native species. *Appl Veg Sci* 26:e12707. <https://doi.org/10.1111/avsc.12707>
25. Weber E, Jakobs G (2005) Biological flora of central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. *Flora - Morphol Distrib Funct Ecol Plants* 200:109–118. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.09.001>
26. Pal RW, Chen S, Nagy DU, Callaway RM (2015) Impacts of *Solidago gigantea* on other species at home and away. *Biol Invasions* 17:3317–3325. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0955-7>
27. Jakobs G, Weber E, Edwards PJ (2004) Introduced plants of the invasive *Solidago gigantea* (Asteraceae) are larger and grow denser than conspecifics in the native range. *Divers Distrib* 10:11–19. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2004.00052.x>

28. (2025) (PDF) Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. / New Hungarian Herbal. The Vascular Plants of Hungary. Identification keys. In: ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/277891731_Uj_magyar_fuveszkonyv_Magyarorszag_hajtasos_novenyei_Hatarozokulcsok_New_Hungarian_Herbal_The_Vascular_Plants_of_Hungary_Identification_keys. Accessed 8 Jan 2025