

SZAKDOLGOZAT

Tauner Veronika Piroska

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
Természetvédelmi mérnöki BSc szak

**LEBONTÓ SZERVEZETEK PREFERENCIAVIZSGÁLATA LÁGYSZÁRÚ
INVÁZIÓS NÖVÉNYFAJOK ESETÉBEN**

Belső konzulens:	Dr. Boros Gergely egyetemi docens
	Dr. Petrikovszki Renáta tudományos munkatárs
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet/Állattani és Ökológiai Tanszék
Készítette:	Tauner Veronika Piroska

Gödöllő

2023

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés és célkitűzések	2
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1 Az özönnövények sikerességének oka	4
2.2 Két elterjedt lágyszárú inváziós növényfajunk és visszaszoríthatóságuk	9
2.2.1 Selyemkóró (<i>Asclepias syriaca</i>)	10
2.2.2 Aranyvessző fajok (<i>Solidago</i> spp.)	11
2.3 Az özönnövények által kifejtett ökológiai hatások	13
2.4 A lebontás folyamata	18
2.5 Lebontó szervezetek	20
2.5.1 Televényférgek (<i>Enchytraeidae</i>)	21
2.5.2 Érdes pinceászka (<i>Porcellio scaber</i>)	22
3. A vizsgálatok anyagai és módszerei	23
3.1 Az özönnövéyminták beszerzése	23
3.2 A tesztállatokat szolgáltató ászkaráktenyészet bemutatása	23
3.3 <i>Porcellio scaber</i> ászkafaj laboratóriumi etetési kísérlete	23
3.4 <i>Enchytraeus albidus</i> laboratóriumi etetési kísérlete	24
3.5 A vizsgált növényfajok C:N tartalmának mérése	26
3.6 Statisztikai elemzés	28
4. Eredmények és értékelésük	29
4.1 <i>Porcellio scaber</i> ászkafajjal végzett etetési kísérlet	29
4.2 <i>Enchytraeus albidus</i> fajjal végzett etetési kísérlet	30
4.3 C:N tartalom mérése	32
5. Következtetések és javaslatok	34
5.1 <i>Porcellio scaber</i> és <i>Enchytraeus albidus</i> fajokkal végzett etetési kísérletek	34
5.2 C:N tartalom mérése	35
6. Összefoglalás	36
7. Köszönetnyilvánítás	37
8. Irodalomjegyzék	38
9. Ábrák jegyzéke	43
10. Nyilatkozatok	44

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Idegenhonos, jövevényfajoknak számítanak a természetes elterjedési területükön kívülre kerülő élő szervezetek (Nádai, 2020). Adventív megjelenésük leggyakoribb oka a véletlen behurcolás, amikor egyszerű figyelmetlenségből vagy akár nemtörődömségből adódóan, emberi közvetítéssel (pl. ruhára tapadva, használati tárgyakra petézve) jutnak új területekre (Nádai, 2020; Ónodi, 2016). Természetszerűtlen terjedésük ugyancsak gyakori felelősei továbbá a szándékos betelepítések is, melyeket végezhetnek az emberek mezőgazdasági, erdészeti, kertészeti, méhészeti és természetvédelmi célokból is (Nádai, 2020).

Nem minden bekerülő idegenhonos faj válik azonban invazívvá, ahhoz több specifikus kikötésnek is teljesülnie kell. Általánosságban véve 1000 adventív taxon közül 100 vadul ki, melyekből csak 10 számára sikerül maradandóan megtelepülni, azaz önfenntartásra képes populációt létrehozni, a többi idővel kipusztul. A meghonosodott fajok közül is csak 1 válik a későbbiek során agresszív terjedésre képes inváziós fajjává. Ehhez a taxonnak először megfelelően adaptálódnia kell környezetéhez, leküzdenie az élőhely általi ellenállást, továbbá képesnek kell lennie az önálló reprodukcióra is. Abban az esetben, ha ez nem valósul meg, akkor a faj egyszerűen beépül az őshonos életközösségbe és anélkül válik annak részévé, hogy az eredeti ökoszisztéma fennmaradását veszélyeztetné (Erdészeti harc, 2016; Nádai, 2020; Ónodi, 2016).

Jelentős az özönnövények gazdasági (kultúrnövények termesztése, betakarítása, haszonállatok legeltetése) és egészségügyi (allergia, bőrirritáció) kártétele, igen súlyos fenyegető tényezővé elsősorban mégis ökológiai szempontból, a természeti rendszerek egyensúlyának felborításán keresztül válnak: a biológiai inváziót tekintve a világ a sokféleség hanyatlásának második fő kiváltójaként az élőhelypusztulás, -leromlás után (Sándor, 2020). A rohamos terjedésükkel egyre több területen megjelenő és azt előzőnlő, igen nehezen visszaszorítható fajok az őshonosokhoz képest versenyképesebb vonásaiknak hála elnyomják és idővel teljesen ki is szorítják azokat adott területről (Dobi és Holes, 2020). Egyeduralomra törésük következtében megváltozik az eredeti flóra és fauna összetétele és kipusztulnak a fajok, melyek életfeltételeit a homogenizált terület képtelen biztosítani. Az élővilág fennmaradásához kulcsfontosságú biodiverzitás így jelentős mértékben csökken, az ökoszisztéma átalakul (Dancza, 2012).

Megváltoznak ezáltal a termőhely fizikai és kémiai talajtulajdonságai is (pl. az özönnövények allelopatikus anyagainak hatására), és a talajlakó élőlények sokféleségére,

egyedsűrűségére kifejtett hatás (Ónodi, 2016) következetesen a lebontás folyamatára, s ezáltal a tápanyagkörforgásra is kiterjed. Előbbire befolyással bír még a biomassza mennyisége és minősége is, melyek a klimatikus adottságok mellett ugyancsak a holt szerves anyag lebomlásának gyorsaságát meghatározó tényezők (http9; Renčo et al., 2021). A lebontás üteme az őshonos és invazív növényfajok között hasonló körülmények (termőhely, klíma) mellett is különbségeket mutat, ami kizárásos alapon az eltérő minőségű holt biomasszára vezethető vissza (Luan et al., 2021; Weidenhamer és Callaway, 2010). Az inváziós növényfajok jelenléte így bizonyítottan hatással bír a lebontás folyamatára, mely akár laboratóriumi körülmények között is vizsgálható.

Szakdolgozatommal célom tehát ezen hatás vizsgálatán keresztül pár őshonos lebontó szervezet preferenciájára következtetni. Ehhez laboratóriumi körülmények között végzett kísérletek során megállapítjuk az érdes pinceászka (*Porcellio scaber*) és közönséges televényféreg (*Enchytraeus albidus*) táplálékfogyasztásának mértékét a selyemkóró (*Asclepias syriaca*) és a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) inváziós gyomnövények esetében.

Emellett C:N tartalom mérések segítségével összefüggéseket keresünk a növényi anyagok kémiai összetétele és a lebontás folyamatának gyorsasága között.

Mindez egyfajta visszajelzést nyújt a vizsgált honos talajlakó állatok biológiai invázióval szembeni ellenálló képességéről, hogy a már bekövetkezett és a jövőben tovább fokozódó vegetáció-összetételbeli változások következményei hogyan érintenek bizonyos lebontó közösségeket. Következtetéseket vonunk le, hogy mennyire képesek alkalmazkodni az érendbeli változásokhoz, ha a tájhonos főnövények eltűnnek adott területről, és szinte csak az azt meghódított inváziós növényfaj áll rendelkezésre tápnövényként.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Az özönnövények sikerességének oka

A különböző fajok invazívvá válásának hátterében álló jellemzők ugyan könnyen azonosíthatóak, általánosságban véve mégis nehéz megállapítani, hogy mely feltételek teljesülése fog garantáltan invázióhoz vezetni. A hirtelen felszaporodás és agresszív terjedés előrejelzésére, s ezáltal megelőzésére ténylegesen alkalmas szempontok közül így csak kevés ismert (Pestiné Rácz, 2008). Az özönnövények rohamos térhódítását elősegítő, többnyire közös vonásokat az alábbiakban ismertetem.

Az inváziós növények remek versenyképességgel rendelkeznek: a honosokhoz képest gyorsabban (vissza)nőnek és elnyomják azokat. A selyemkóró (*Asclepias syriaca*) például a csírázást követő három nap után már képes a regenerálódásra, a főgyökér rügyeiből új hajtást növesztve újul meg a földfeletti részek sérülésekor, pusztulásakor (Bagi, 1999). Gyökereinek évi terjeszkedése továbbá akár a három métert is elérheti (Balogh et al., 2006). A fenyércirok (*Sorghum halepense*) gyöktörzsei pedig még 30–90 centimétert is nőhetnek egy teljes nap alatt (Fazekas, 2018). Egyedeik emellett korábban is válnak ivaréretté és szaporodnak, jobb tápanyag-hasznosító képességgel és a víz és a tápelemek raktározására alkalmas szervvel, valamint általában ehhez párosuló kisebb vízigénnyel is rendelkeznek (Csákó, 2016; Lenner, 2014; Ónodi, 2016).

A fentebb olvasottak mellett még óriási előnynek számít az őshonos növényekkel szemben az özönfajok tág tűrése és magas fokú, gyors alkalmazkodó képessége. A betyárkóró (*Erigeron canadensis*) jól viseli a rendkívüli időjárási viszonyokat, mint az aszály és a fagy, továbbá az antropogén zavarásnak is nagyszerűen ellenáll, sőt, az még akár kedvez is a számára (Lenner, 2014; Nádai, 2020). Ez persze a degradálódott területek nagyságának szüntelen növekvése nyomán nagymértékben hozzájárul az efféle, antropogén befolyást kedvelő fajok ugyancsak rohamos terjedéséhez, óriási előnyt biztosítva számukra azáltal, hogy ilyen alkalmazkodóak az emberi jelenléttel és annak a környezetre mért egyre intenzívebbé váló hatásaival szemben, tovább fokozva kiváló versenyképességüket. A selyemkóró inváziós felszaporodása is különösen azon társulásokban számottevő, ahol a termőhelyek állapota antropogén eredetű zavarás hatására valamilyen szinten leromlott, például tarvágott erdők, nemesnyaras

ültetvények, felhagyott szántók. Megjelenése szinte kivétel nélkül visszavezethető valamilyen, a talaj felszínét vagy annak alsóbb rétegeit érő bolygatásra (pl. túllegeltetés, kedvezőtlen mértékű taposás, talajművelés, erodáló folyamatok stb.) vagy tápanyagtartalom megsokszorozódásra (pl. műtrágyázás, erdőégetés hatása) (Bagi, 1999).

A selyemkóró ezenkívül képes adaptálódni a Dél-Alföld térségére jellemző extrém vízháztartási viszonyokhoz (Szilassi et al., 2017), így az ellenálló, szárazságot is kiemelkedően jól tűrő növény azon talajokon is megmarad, ahol más fajok életfeltételei nem teljesülnek (Selyemkóró, 2005). Legméretesebb, leggyorsabban terjeszkedő állományait mégis azon vidékeken alakítja ki, ahol az éghajlati, domborzati és talajtani tényezők az őshonos lelőhelyéhez nagyobb mértékben hasonlítanak (Ónodi, 2016).

Az emberi közvetítéssel (szándékos betelepítés, véletlen behurcolás) terjedő idegenhonos özönnövények természetes ellenségeiket őshazájukban hátrahagyva települnek be, így felszaporodó állományukat szabályozó kórokozók és kártevők hiányában terjeszkedhetnek (Zelei, 2022).

A selyemkóró származási helyéről (Észak-Amerika) tíz specialista, kizárólag adott növényfajjal vagy -nemzetséggel táplálkozó rovert azonosítottak, közülük azonban még egy sincs jelen az európai kontinensen. Ennek következtében hazánkban is csupán különböző generalista fajok fordulnak elő, melyek számos növényfajt, -nemzetséget károsítanak. Ez alátámasztja az „ellenségektől való megszabadulás” teóriáját, mely feltevés szerint az inváziós növények az őshonosokkal szemben szert tett fölényének egyik potenciális magyarázata a fajspecifikus kártevők által kifejtett állandó biológiai nyomás hiánya, ami állományaik gyérítésén keresztül robbanásszerű terjedésüket hátráltatná (Berki és Csecserits, 2021).

Sikerességüket továbbá előnyös szaporodásbiológiai jellemzőiknek is köszönhetik, mint a garantált sarjadzás, korai virágzás, rövid időn belül történő nagy mennyiségű mag és virágpor előállítás és a vegetatív szaporodás lehetősége (Lenner, 2014). Magjaik emellett többnyire rendkívül hosszú életképességgel is rendelkeznek: átlagosan akár 20–30 év után is csíráképesek a talajban, néhány fajé még annál jóval tovább is (Czímber et al., 2004). A betyárkóró magvak például 15–20 éven át megtartják sarjadási képességüket, melyre a potenciálisan elszennvedett tarlóégetések is csupán elenyésző mértékű hatással bírnak (Vojnich, 2021).

Leggyakoribb gyomnövényünk, az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) magjai is több évtizeden keresztül csíráképesek maradnak (Taller et al., 2016): a talaj felszínére kerülve 4–5, a mélyebb rétegekbe jutva pedig akár 40 évig (Czímber et al., 2004). Az egylaki faj hím

és női ivarú virágainak produkciója is igen jelentős, mely egyedenként több tízezer magot és nyolcmilliárd pollenszemet is jelenthet. Szaporodásuk hatékonyságát tovább fokozza, hogy a virágszám nemek szerinti megoszlása mindig az adott körülményeknek megfelelően változik. A nagyobb létszámú populációkban a hím virágok aránya nagyobb, míg a gyérbekben a női virágok vannak túlsúlyban. Az első esetben a jelentős mennyiségű virágpor célja a messzebb lévő állományok megtermékenyítése, a másodikban a fokozott magérlelés pedig a populáció egyedsűrűségét rendeltetett növelni. A virágok idegen megporzása emellett elősegíti a diverz génállomány fennmaradását. Az így kialakuló magas szintű genetikai sokféleség növeli az alkalmazkodó képességet és ellenállóbbá teszi a populációkat a környezeti tényezőkkel szemben. Mindezen tulajdonságok a parlagfű eredményes visszaszorítását akadályozzák (Taller et al., 2016). (Régebben az önmegporzásra képes özönnövényeket tartották a leghatékonyabbnak, ez a hipotézis azonban az előbb részletezett okból kifolyólag bizonyítottan téves, a genetikai állomány leromlásának, homogenizálódásának elkerülése érdekében az invazív fajok közül sokkal kevesebb önbeporzó (Botta-Dukát et al., 2004). Példaként a madársóska fajokat (*Oxalis* spp.) és az átoktüskét (*Cenchrus incertus*) említhetjük meg (Tiborcz, 2012; Szigetvári, 2006).)

Kedvező alaktani tulajdonságaik a védekezés és terjedés terén is hatalmas előnyt biztosítanak. Előbbi legismertebb eszközei a tövisek és tüskék (pl. legelő állatok elkerülik), azonban a mechanikai védekezés (Lenner, 2014) részét képezheti még például a nagyobb levélkeménység és a hajtásokat sűrűn borító fedőszőrök jelenléte is. A kevésbé áthatolható felszín megnehezíti a levelek fogyasztását a növény ízeltlábú károsítói számára, a szőrökön fennragadt peték pedig kiszolgáltatottabbá válnak a ragadozókkal szemben. Kémiai védekezésre remek példa a selyemkóró keserű tejnedve, mely mérgező kardenolid tartalmának köszönhetően tartja távol a rovarkártevők többségét. A tejnedv ezenfelül a felszíni sérülések betapasztására is alkalmas, elfedve a további károkozással szemben sebezhetőbbé vált növényrészeket (Berki és Csecserits, 2021).

A vegetatív szaporodásra képes inváziós fajokkal kapcsolatban mindenképp meg kell említenünk azok intenzív sarjképzési rátáját. A selyemkóró a csírázás évében méretes, rengeteg passzívan áttelelő (alvó) rügyet viselő gyökérrendszert hoz létre. (A rügyek közül pár tavasszal kihajt az oldalgyökereken.) Az ivartalan szaporodásra alkalmas gyökerek 1 méter mélyre lenyúlhatnak, a vízfelvételre használatos gyökerek pedig akár a négy méter mélységet is elérhetik. A rügyek sarjadzása továbbá 1,5 méter mélyről, egy pár centinél kisebb

gyökérdarabkákból is történhet. A bolygatással járó talajművelés a gyökereket feldarabolva azok hajtásfejlesztését ugyan hátráltatja, a sarjak számát mégis emeli (Balogh et al., 2006). Ez igen megnehezíti a védekezést és a mechanikai módszerek alkalmazásának lehetőségét is elveti, hiszen a növény földfeletti részei folyton visszanoénak. Kaszálásuk így teljesen felesleges (Selyemkóró, 2005).

Jelentős sarjképzésükből adódik ezen fajok kiváló terjedőképessége (Csákó, 2016), mellyel az őshonos flóra képtelen tartani az iramot s így egyre jobban kiszorul: a példaként fentebb már említett selyemkóró sűrű, akár a 100 éves kort is megélő sarjtelepek fejlesztésével válik teljesen egyeduralkodóvá adott területen, és minden egyéb növényfajt kiszorítva gátolja a tájhonos társulások megújulását (http1; Zelei, 2022).

A selyemkóróhoz hasonlóan ugyancsak hatalmas, sűrű növésű homogén állományok képzésére képes és hajlamos is a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*). A tél vége felé vagy kora tavasszal sarjadzó tarackcsúcsrügyek a lassan bomló, dús aranyvessző-avar (hajtásmaradványok) oltalmában növekednek, mely további előnyt biztosít a faj számára a versengésben (Botta-Dukát et al., 1998).

Egyes fajok fennmaradásukat a környezetükben található egyéb flóraelemek növekedését, fejlődését akadályozó organikus vegyületek (anyagcseretermékek) talajba bocsátásával is támogathatják. Ezt nevezzük allelopátiának, mely a populációk közötti kölcsönhatások egyik formája: a kibocsátással érintett egyedek számára többnyire káros (ritkán hasznos), míg a vegyületet termelő növényeknek közömbös. Az inváziós fajok túlélését és egyeduralmát jelentős mértékben elősegítő faktorként azonban mindenképp előnyös (http2). Gyökereükből allelopátiás anyagok kiválasztására képes özönnövények például a selyemkóró és a betyárkóró (Nádai, 2020). Versenytársaik növekedését gátolva hátráltatják azok szaporodását, a féktelen terjedésüket akadályozó tényező leküzdésével pedig fokozatosan újabb és újabb területeket hódítanak meg (Zelei, 2022).

A gyomirtó szerek megfékezik a növények elengedhetetlen életfolyamatait, vagy azokat oly mértékben felgyorsítják, hogy az végül az egyedek pusztulását eredményezi (Gál, 2018). Hatásukat ezen működési elv alapján kifejtő vegyszerek, úgynevezett herbicidek, biztosítják az egyes özönfajok elleni kémiai védekezés lehetőségét. A sokszorosán ismételt felhasználás esetén felmerül azonban idővel a már megszokott, jól bevált szerekkel szembeni rezisztencia kialakulásának veszélye.

A felvetett téma kapcsán először is mindenképp tisztázni érdemes két különböző fogalmat: herbicidtolerancia és -rezisztencia, mely kifejezésekhez a tudomány teljesen eltérő definíciókat rendel. A herbicidtolerancia egy teljes fajra vonatkozó jellemző: a taxonhoz tartozó összes egyed valamilyen fiziológiai (élettani) vagy morfológiai (alaktani) vonásának hála ellenállóvá válik a vegyszerrel szemben. Ellenben herbicidrezisztencia alatt adott gyomirtóval vagy minden megegyező hatásmechanizmusú szercsoporttal szemben kialakuló azon ellenállóságot értjük, mely a hosszabb időn át tartó monoton herbicid-használat nyomán, a faj egyes csoportjain belül jön létre és öröklődik, mint jellemző. Ez a véletlenszerűen fellépő mutációs folyamat teljesen természetes és az evolúció részét képezi. A sikeres alkalmazkodás eredményeképpen új, már rezisztens biotípus keletkezik (http3). Szerencsére ez a herbicidek igen egyoldalú felhasználásának elhagyásával „visszafordítható”, vagyis az ellenálló változat az átállást követően idővel teljesen kipusztul (Fazekas, 2018).

Megemlítendő, hogy a rezisztencia létrejöhet az előírtnál kisebb mennyiségű vegyszeradagok használata és azok nem megfelelő időpontban (pl. túl későn) történő kijuttatása esetén is, vagyis a szakszerűtlen alkalmazás következményeként. A rezisztensé vált populáció tagjaival szemben tehát hatástalanná válik az addig sikerrel alkalmazott herbicid, annak lecserélésére kényszerül a gazdálkodó a gyom szaporodásának, terjedésének megfékezése érdekében (Gál, 2018). Az özőnfajok közül számos kifejezetten a művelés alatt álló területeket (pl. szántó) fertőzi elsősorban, így következetesen az ellenük való védekezési kísérletek is oda koncentrálnak (Nádai, 2020).

Ugyancsak megfontolandó, fontos információ, hogy a pusztán kémiai típusú védekezési eljárások idővel mind elkerülhetetlenül rezisztenciát váltanak ki, ezért a védekezés egyes típusainak (pl. biológiai, mechanikai) módszereit stratégikusan kombinálva, az úgynevezett integrált gyomszabályozás elveit követve célszerű megvalósítani a legmagasabb fokú hatékonyság elérése érdekében (Gál, 2018). Az integrált gyomirtás lényegében tehát egy, a teljes gazdaságot lefedő komplex védekezési terv megalkotását takarja, mely a nemkívánatos növények visszaszorítása érdekében, a rendelkezésre álló összes opció megfontolt, együttes alkalmazásán keresztül vihető végbe (Hartmann, 2014). A felmerülő lehetőségek közül néhány típus szerint csoportosítva: agrotechnikai (pl. megfelelő vetésidő, tőszám, helyes vetésforgó), mechanikai (pl. forgatásos talajművelés, sorközművelés) és biológiai (pl. természetes ellenségek: magfogyasztó rovarok, allelopátia) módszerek. Ideális esetben csak ezek összehangolt, tervszerűen történő alkalmazásával kapcsolatban tett próbálkozások eredménytelenségét követően kerül sor az immáron elkerülhetetlen kémiai védekezésre. Vegyszeres irtásra való kényszerülés esetén kulcsfontosságú szempont a különböző

hatásmechanizmusú szerek váltogatva való használata, a szerrotáció szükségességének szem előtt tartása a herbicidrezisztencia kialakulásának veszélyére tekintettel (Gál, 2018).

A vegyszerekkel szembeni ellenállóság létrejöttének lehetőségén kívül jelentősen megnehezítheti még a kémiai védekezést az egyes inváziós célcsoportok hozzáférhetetlensége is, ha például csak azzal a módszerrel lehetne hatékonyan visszaszorítani az adott fajt (Molnár, 2020). A süntök (*Echinocystis lobata*) például mint kapaszkodó növény kúszik fel az őshonos fajokra, s azokat befedve lehetetleníti el a herbicidek használatát (Borbáth, 2021). A kezelések az óvni kívánt honos, a célszervezetek közé nem tartozó egyedeket is válogatás nélkül elpusztítanak, s nem utolsó sorban az emberi egészséget is károsíthatják (Molnár, 2020).

2.2 Két elterjedt lágyszárú inváziós növényfajunk és visszaszoríthatóságuk

A természetvédelmi érdekekből kerülendő vegyszeres kezelésen kívül több védekezési módszer (pl. agrotechnikai és mechanikai: forgatásos alpművelés, tövek kézzel történő kihúzása, rendszeres kapálás, kaszálás és legeltetés) is rendelkezésre áll, így azt csak végső megoldásként célszerű alkalmazni, ha egyéb eljárások hatástalannak bizonyulnak (Korda, 2015; Nádai, 2020).

Felmerül a természetes ellenségek (ragadozók, parazitoidok, károsítók) betelepítésének lehetősége is mint ideális módszer a kémiai védekezés kiváltására, azonban már a selyemkóró esetében is megjelenik sajnos a biológiai védekezés kapcsán gyakran felmerülő probléma, miszerint az alkalmazni kívánt élő szervezetek generalista életmódjuknál fogva a célcsoporton kívül más növényfajokat is fogyasztanak (Berki és Csecserits, 2021). A növény magyarországi állományainak kártevők általi szabályozásáért valószínűleg a vörösfoltos bodobács vagy lovagbodobács (*Lygaeus equestris*, őshazájában nagy selyemkórópoloska) nevet viselő poloskafaj felelős elsősorban, mely egyúttal sajnos a napraforgó kaszattermésének nedveit is előszeretettel szívogatja. Ezenfelül bizonyítottan kórokozókat is terjeszthet (Bagi, 1999). A rovarkártevőkön kívül két mikroorganizmus potenciálját is tesztelték, melyek hatékonyságuk ellenére ugyancsak alkalmatlannak bizonyultak, hiszen a gombák a selyemkóró mellett a kultúrnövényeket is megfertőznék, a védekezés céljával ellentétes eredményt kiváltva (Tóth, 2017).

2.2.1 Selyemkóró (*Asclepias syriaca*)

Az Észak-Amerikai kontinensének keleti síkvidékein honos faj első észlelését hazánkban az 1736–1737-es évekre valószínűsítik a Dunántúlról. Spontán betelepülését később szándékos, gazdasági (magjait növényi olaj, a magszőröket selyem, tejnedvét pedig kaucsuk előállításához tervezték felhasználni) és esztétikai (dísnövény) célokból végzett telepítések követték. Nem kifizetődő szántóföldi termesztésével idővel mégis felhagytak, így a veszedelmes invazív fajjá vált növény ma már csak a méhészet számára termel hasznot (Bagi, 2004).

A dohányra emlékeztető kinézetének köszönhetően vaddohányként is emlegetett évelő selyemkóró (Nádai, 2020) minden tagja mérgező tejnedvet termel. Vízszintes irányba növekvő „tarackszerű” (nem módosult hajtás) gyökerei a méteres mélységet is elérhetik, bár általában a talaj felsőbb rétegeiben helyezkednek el. Átellenes állású széles, lándzsás levelei ép szélűek és tagolatlanok, a fonáki oldal fehéresen molyhos. Bonyolult felépítésű kétivarú, pentamer virágainak színe a fehér, a rózsaszín és a vörös árnyalatai között változó. Virágzata bogernyő, termése szarvra emlékeztető, hasi varrat mentén nyíló tüsző(szerű tok), alkalmanként ikertüsző (Bagi, 2004). A lapos magvak repítőkészülékeinek végein elhelyezkedő, névadó selymes üstököknek hála széllel nagy távolságokra képes terjedni (Nádai, 2020).

Előfordulása a lazább, homokos, és löszös talajokra jellemző, a magas sótartalmúakat elkerüli. Szárazságot jól tűrő, fény- és melegkedvelő növényről van szó, mely a kisebb mértékű árnyékolást ugyan még elviseli, mégis a nyílt élőhelyeket preferálja inkább és ott gyakori. A zavart termőhelyek indikátorfaja (Bagi és Bakacsy, 2012; [http1](#)).

Kártétele elsősorban térfoglalásán keresztül nyilvánul meg. Terjedelmes sarjtelegek létrehozásával kiszorítja az őshonos fajokat adott területről és gátolja az eredeti vegetáció megújulását ([http1](#)).

A selyemkóró ellen évente ismételt, rendszeres talajművelési munkálatokkal és egyéb agrotechnikai eljárásokkal támogatott vegyszeres kezeléssel védekezhetünk (Selyemkóró, 2005). A gyökerek bolygatása, feldarabolása szaporítja és a szárazzás, kaszálás nem megfelelő időzítése is intenzív sarjadásra készítheti a növényt, mely földfeletti részeinek pusztulása után ismételten kihajt. A mechanikai védekezés így önmagában nem elég (Bagi, 1999; Berki és Csecserits, 2021). A ritkítás a virágzás és a téli nyugalmi állapot előtti időszakban, glifozát tartalmú herbicidek felhasználásával valósítható meg a leghatékosabban. A hatóanyagok ekkor képesek lejutni a még nem túl mélyen elhelyezkedő, sebezhetőbb gyökerekhez. A gyomokat célszerű a vegyszerezést követően egy héten keresztül érintetlenül hagyni (Bagi, 1999; [http1](#)).

Megjegyzendő még a vegyszeres védekezés kapcsán, hogy a hormonhatású gyomirtók stimulálhatják az alvó rügyeket, az ezáltal létrejött sarjak a szülőnövényről leszakadva pedig akár meg is négyesezhetnek a tőszámot adott kezelési területen (Balogh et al., 2006).

A Duna-Tisza közti jelentős állományok csökkentésének érdekében több pályázatot is meghirdettek. A 2013-tól 2015-ig tartó, közel 800 millió Ft költségvetésű, 2200 hektárnyi összterületen végrehajtott, „Tájidegen inváziós növények visszaszorítása a Duna-Tisza köze legértékesebb homokterületein” nevezetű projekt (<http4>; Nádai, 2020) során a gyéresebb állományokban ecsetes kezelések és kézi permetezések (bekenés, lefújás tövenként) szolgáltak az irtás eszközeként, a sűrűbbekben keféss kenőgépet alkalmaztak. A munkálatok időpontját körültekintően, az esős időszakokat kerülve választották meg, hogy a feljuttatott gyomirtót ne fenyegetse a lemosódás veszélye (Új eszközökkel, 2015).

2.2.2 Aranyvessző fajok (*Solidago* spp.)

Magyarországon a nemzetség három faja található meg. Közülük egyedül a savanyúbb erdőtalajokat kedvelő közönséges aranyvessző (*Solidago virga-aurea*) őshonos nálunk, a másik kettő észak-amerikai származású özönnövény (Botta-Dukát et al., 1998). Kanadai aranyvesszővel (*Solidago canadensis*) lazább, könnyebben átmelegedő talajokon, főleg települések környezetében találkozhatunk (Botta-Dukát és Dancza, 2012). Előfordulása leginkább Pest megyére és az Északi-középhegységre, valamint az utóbbitól délre fekvő területekre jellemző (Nádai, 2020). Az előzővel ellentétben inkább a természetközeli élőhelyek nedves, kötöttebb talaját preferáló magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) (Botta-Dukát és Dancza, 2012) a leggyakoribb hazánkban (Botta-Dukát et al., 1998). Ezen különösen gyorsan terjeszkedő aranyvessző faj elsősorban a Dunántúlon fordul elő (Nádai, 2020). Első hazai észlelése a 19. század közepére tehető: herbáriumi adatok szerint a magas aranyvessző 1848-ban jelent meg a Dunakanyar régiójában (Nádai, 2020).

A jellemzően úgy másfél méter magasságú növények el nem ágazó szára kedvezőtlen feltételek mellett az egy métert se éri el, megfelelő körülmények között pedig akár két és fél méteresre is megnő. Leveleik szórt állásúak, alakjuk lándzsás, szélük a csúcstól úgy a levélközépig fűrészes, onnantól egészen a levélvállig lefelé ép. A virágzat élénksárga, fészekvirágzatokból álló összetett buga. A fel nem nyíló kaszattermések terjedését elősegítik a végeken található apró szörpamacsok. 2–3 tarackjából járulékos gyökereket fejleszt, a valós gyökér magából a csíranövényből nő ki. A tarackok csúcsrügyei tavasszal kihajtanak és sarjtelepeket hoznak létre (Nádai, 2020). A két igen hasonló megjelenésű faj egymástól való

megkülönböztetésében két morfológiai bélyeg vizsgálata segít: a kanadai aranyvessző szára rövid szőrökkel borított, míg a magas aranyvesszőé a virágzati tájék kivételével kopasz, viaszos. Utóbbi nyelves virágai emellett a kanadai aranyvesszőével ellentétben túlnőnek a csöveseken (Botta-Dukát és Dancza, 2004).

Mindenekelőtt a mocsár- és láprétek, valamint a nedves gyepek eredeti növénytakaságainak fennmaradását fenyegetik, de jelentős mértékben felszaporodhatnak a műveletlen szántóterületeken is (Farkas és Visnyovszky, 2021). Sűrű, átjárhatatlan telepek létrehozásával járulnak hozzá a biodiverzitás hanyatlásához. (A tájhozos növényfajok adott élőhelyről történő kiszorítása a velük táplálkozó herbivorok és azok ragadozóinak állománycsökkenését, súlyos esetben pedig akár eltűnését is eredményezheti (Botta-Dukát és Dancza, 2004).)

Az Őrségi Nemzeti Park területén a magas aranyvessző visszaszorítása érdekében tett próbálkozások tapasztalatai szerint a mechanikus védekezés eredményessége függ a talaj vízháztartásától és a kezelés intenzitásától, időpontjától is. Az egyszeri, korai időszakban végzett kaszálás például hatástalan a megfékezésére és rohamos sarjadást, terjedést kiváltva csak tovább súlyosbítja a helyzetet. Kivételt képez ez alól a száraz területeken végzett beavatkozás, mert ott a körülmények alaptól kedvezőtlenek az aranyvessző számára. Így ott ez a kezelés is megfelel. Ezzel szemben az egyszeri, kései időpontú hasznosítás sikeres szabályozási módszernek bizonyult. Az ily módon megvalósított kaszálás az energiájukat a virágzásba fektetett, kimerült növényeket tovább gyengíti és hátráltatja ezáltal a sarjadásukat, továbbá az őshonos fajok elterjedését és ellenálló képességét is fokozza. Az igazán effektív védekezésre mégis inkább az évi két kaszálás nyújt lehetőséget, mely az állományok szinte teljes mértékű felszámolására is képes. Az aranyvessző által erősen ellepett területek állapotának helyreállítása emellett akár három hasznosítást is megkövetelhet évente (Nádai, 2020). Megjegyzendő még a kaszálással kapcsolatban, hogy az nemcsak az özönnövénnyel szembeni hatékonyságára tekintettel remek megoldás, hanem védett területeken való alkalmazhatóságának révén is a preferált, vegyszermentes szabályozási módszerek egyike. Mégis gondot okozhat, hogy a kezelések időpontját mindenképp adott terület védett fajaihoz igazodva, azok visszahúzódását és magszórását követően kell megválasztani. Így pedig előfordulhat, hogy a hasznosításokra nem a legideálisabb időszakokban kerül sor és a védekezés ezáltal kevésbé lesz eredményes (Botta-Dukát et al., 1998).

A kaszálás mellett a sűrű állományokból hátramaradt, a friss hajtásokat takarásukkal védő növényi részek (avar) eltávolítása is előnyös, azonban egyedül kevés. A visszaszorítás hatékony eszközévé csak más módszerekkel kombinálva válhat (Botta-Dukát et al., 1998).

2.3 Az özönnövények által kifejtett ökológiai hatások

Az invazív szervezetek az őshonos fajok vetélytársai (Borbáth, 2021). Kompetíciós készségeiket felerősítő aspektusaik miatt az esetek túlnyomó részében a honos növényeket akár teljes mértékben kiszoríthatják adott területről, a biodiverzitás fokozatos, dominószerű csökkenését eredményezve (Koutika et al., 2011; Zelei, 2022). Az intenzíven terjedő fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) például a jóval lassúbb fejlődésű tölgyek és bükkök, az ártéri élőhelyeken telepítések nyomán erősen felszaporodott amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica*) pedig a hazai kőrisfajok elnyomásában játszik kiemelkedő szerepet rohamos növekedésének köszönhetően (Borbáth, 2021; [http5](#)). Egy disznóparéj (*Amaranthus* spp.) tő beavatkozás hiányában képes három év alatt teljesen előzönlenni egy élőhelyet (Gál, 2018), az indiai szamóca (*Potentilla indica*) pedig sűrű, talajzáró növekedésével lehetetleníti el más fajok terjeszkedését (Nádai, 2020). A fizikai térfoglalás kapcsán megemlíthető a magas aranyvessző is, mely őshazájában - az előző példákhoz hasonlóan - a természeti rendszerek károsítása helyett a diverz lágyszárú növénytársulásokba beolvadva azok ökológiailag építő részét képezi. Ezzel szemben Európában, mint invazív taxon tör egyedulalomra a bennszülött flóraelemek kárára és alakít ki sűrű, számukra áthatolhatatlan homogén állományokat (Koutika et al., 2011).

A gyors növekedésű fajok árnyékolása akár 4 °C-kal is csökkentheti a talajhőmérsékletet, mely kihat a takarásba eső egyedek fejlődésére a szerves anyag mineralizációjának, s ezáltal a tápelemek felvehetőségének befolyásolásán keresztül is ([http6](#)).

Egyes inváziós növények ezenfelül allelopatikus hatású anyagcsere termékek kibocsátásával is akadályozhatják versenytársaik növekedését és megújulását (sarjadzás), nagyban hozzájárulva azok visszaszorulásához ([http6](#)).

Az értékes tápanyagok nagy részét a rátermettebb, alkalmazkodóbb özönfajok veszik fel, melyeket azokat lehetőség szerint akár szükségleteiket meghaladó mennyiségben is képesek felhalmozni. A nagy levélfelülettel és méreates gyökérzettel rendelkező növények vízigénye - s ebből következően vízelvonása - jelentős mértékű párologtatásukból fakadóan számottevőbb, a vízkészlet felélésével pedig a talajt is képesek aggasztó mértékben kiszárítani ([http6](#)).

Kórokozókat terjeszthetnek, akár teljesen új típusú, a betelepítések során behurcolt fajokat is, melyek megtelepedésüket követően az őshonos növényekre átterjedve azok teljes populációit számolhatják fel, mielőtt azok a jövevény károsítóhoz alkalmazkodni tudnának (Ónodi, 2016). A selyemkóró gazdanövényként például az uborka mozaik vírust, rozsdagombákat, a lisztharmatot, szürkepenészt és a fuzárium gombákat terjeszti (Bagi, 1999).

Utóbbi az emberi egészségre is veszélyes, valamint polifág mivoltából adódóan rendkívül veszedelmes mezőgazdasági károsító (Tóth, 2017).

A hibridizálódás esélye is fennáll, a *Populus* × *euramericana* nemesnyarak (nyár fajták) például a honos fekete nyár (*Populus nigra*) virágait megtermékenyítve a fajjal kereszteződhetnek, újabb hibrideket létrehozva. Ennek következtében a fekete nyár egyedeit hibridek váltják fel, a génállomány fokozatosan leromlik, mígnem végül az őshonos fafaj fennmaradása is veszélybe kerül. Aggasztó, hogy az árterek látásra fekete nyárként azonosítható példányainak jelentős része már csupán a *Populus nigra* hibrid leszármazottja, nem pedig a faj valós képviselője (Ónodi, 2016). Lágyszárúak kapcsán említést érdemel a kanadai aranyvessző és a honos közönséges aranyvessző kereszteződése által úgy 100 éve kialakult *Solidago* × *niederederi* (Sali, 2019).

Az özönnövények képesek a helyi ökoszisztémák egyensúlyát felborítva azokat számottevő mértékben átalakítani (Pestiné Rácz, 2008).

A természetes növényzet összetételének módosulása az őshonos flóra tagjaihoz kötődő állatfajok (pl. herbivor rovar tápnövénye tűnik el) fennmaradását is veszélyezteti (Pestiné Rácz, 2008), az újonnan kialakult növénytársulások továbbá az eredeti, tájhonos vegetáció ökológiai funkcióit sem képesek ellátni, s ugyanazon ökoszisztéma szolgáltatásokat gyakran csak korlátozott mértékben vagy egyáltalán nem is képesek megteremteni (Molnár, 2020). Egy akácost például nem jellemez egy tölgyfaerdő gazdag élővilága: az aljnövényzet fajszerkezete és a madarak közül is csak kevés fordul elő (http5).

A biológiai invázió okozta, honos növényeket érintő fajgazdagságbeli hanyatlás így közvetve a teljes ízeltlábú fauna (közvetlenül a herbivor táplálkozásuk nyomán az élő növényekkel direkt kontaktusba kerülő taxonok) faji gazdagságára, összetételére és egyedsűrűségére is negatív befolyással bír, mely megállapítást több különböző invazív faj hatásai vizsgálatának eredményeit összehasonlítva sikerült alátámasztani (Renčo et al., 2021; Simao et al., 2010). Egy hatalmas, 199 darab (együtt 135 idegenhonos taxont kutató) tudományos cikkből megalkotott metaanalízis szerint általánosságban véve a fertőzött területek tájhonos fajainak sokfélesége és egyedsűrűsége csökkenést mutatott (Vilà et al., 2011). A leegyszerűsödött ízeltlábú faunaszerkezet mellé gyakran kisebb testméretek is párosulnak, hiszen minél nagyobb zuhan a flórák diverzitása, annál kevesebb eltérő táplálékforrással szolgálhatnak a velük táplálkozó állatok számára (Maceda-Veiga et al., 2016). Az erős általánosításoktól elvonatkoztatva megjegyzendő azonban, hogy ezen hatások a talajlakó gerinctelenek egyes csoportjaira nézve igen megoszlanak, pozitív, negatív vagy

semleges mivoltuk függ az adott inváziós növény fajától (Coyle et al., 2017; Renčo et al., 2021). Így előfordulhat, hogy az özönnövények specifikus állatfajokra kifejtett hatása azok számára akár előnyös, diverzitást és abundanciát növelő tényezővé is válhat, míg másokat kifejezetten károsít (Simao et al., 2010). A *Chrysanthemoides monilifera* észak-amerikai invazív fészkes például a pókok, tripszek és hangyák egyedsűrűségét ugyan csökkentette, az ászkarákok és ezerlábúak esetében mégis fokozta azt (Simao et al., 2010).

Az ugyancsak Észak-Amerikában károsító, elsősorban európai eredetű kányazsombor (*Alliaria petiolata*) megháromszorozta az ugróvillások létszámát az invázióval érintett területeken, a hangyaközösségeket viszont nem érte változás (Coyle et al., 2017; [http7](http://7)). A *Fallopia*-fajok Európában bár bizonyítottan kedvezőtlen befolyással bírnak a gerinctelenek számos képviselőjére (bogarak, csigák, ugróvillások, atkák és mikrobák), egyúttal az amőbák felszaporodását is előidézik (Renčo et al., 2021). Kimutatták az ártéri japánkeserűfűről (*Fallopia japonica*), hogy jelentős mértékben képes átalakítani a helyi táplálékkapcsolatokat: a talajlakó élőlényekre kifejtett hatásának következtében azok körében a növényevő táplálkozásmód helyett a szerves hulladék fogyasztása (törmelékevők) vált jellemzővé, s ezáltal dominánssá a lebontó szervezetek tevékenysége a talajban, hiszen a keserűfű inváziós elterjedése nyomán csökkent az eredeti növényfajok száma a területen és azzal a velük táplálkozó gerinctelenek egyedsűrűsége is (Koutika et al., 2011).

A ragadozó szervezetek aránya általában hozzávetőlegesen változatlan szokott maradni, mivel a magasabb trofikus szintek az alacsonyabbakhoz képest kevésbé kiszolgáltatottak az özönnövények jelenlétével járó ökoszisztémabeli változásokkal szemben (De Almeida et al., 2022). Az ellenkező eset is előfordulhat azonban, ha az inváziós növényfaj közvetlenül és nem csak közvetetten hat a helyi ragadozó fauna tagjaira. Egy egyesült államokbeli, Indianában végzett kísérlet során vizsgált invazív pázsitfűféle (*Microstegium vimineum*) például a vegetáció térszerkezetbeli komplexitásának redukálásával járult hozzá a ragadozó csoport majdnem felét kitevő pókok megfogyatkozásához, melyek hálószövésük helyszínéül (alaktanilag) diverz, elsősorban őshonos növényekben gazdag élőhelyeket igényelnek. A predátorok herbivorokhoz képesti arányának csökkenése által előidézett táplálékláncbeli eltolódásról több egyéb kutatás is beszámolt, köztük egy 11 éves időintervallumú is (Simao et al., 2010).

Őshonos és honos rokonnal (azonos nemzetségbeli taggal) rendelkező idegenhonos fajok, valamint teljes mértékben idegen taxonok növényevő rovarfajokra mért eltérő hatásait egyszerre vizsgálva megállapították az USA-ban, hogy az idegen fajokon mért rovarmennyiség meglepő módon meghaladta a kongenerikus fajokon észleltet. Ez azzal magyarázható, hogy a

teljesen új fajok betelepülésüket követően még nem rendelkeznek a honos herbivorok ellen megfelelő, kifejezetten a hozzájuk való alkalmazkodás útján kifejlesztett védelmi mechanizmussal, így kiszolgáltatottabbak velük szemben (Zuefle et al., 2008).

Néhány frissebb metaanalízis az élőhely-típusok fontosságára is felhívja a figyelmet, mint az inváziós fajok a talajlakó faunára kifejtett hatásainak befolyásoló tényezői. A nyílt élőhelyeken, az özönnövények megjelenésével nő a termelődő szerves hulladék mennyisége, míg az zárt élőhelyeken annak aránya már azelőtt is magasabb volt, így a hatások ott kevésbé érezhetőek. A keserűfűvek elhalt szervesanyag-tömege például ennek következtében teljesen új mikroélőhelyek létrehozására képes a felszín feletti ugróvillások számára a réteken (hozzájárulva ezáltal azok létszámnövekedéséhez), az erdőkben viszont az alapból vastagabb O talajszint végett hasonló pozitív változások nem mennek végbe az említett *Collembola* fajokat illetően. Megjegyzendő azonban, hogy a teljes ugróvillás állomány egyedsűrűsége ennek ellenére is vitathatatlan csökkenést mutatott, ráadásul a *Fallopia* invázió az erdőkben felük eltűnéséhez vezetett (De Almeida et al., 2022).

Az inváziós növényfajok közvetett hatással bírhatnak a talajlakó faunára a mikroklima befolyásolásán keresztül is, melynek megváltozása a vegetáció összetételének további módosulását vonhatja maga után (Borbáth, 2021; Maceda-Veiga et al., 2016). A *Chrysanthemoides monilifera* által fertőzött területekre jellemző az ezerlábúak felszaporodása a kialakuló nedvesebb, sötétebb talajnak köszönhetően, a *Microstegium vimineum* okozta hőmérséklet emelkedés és lecsökkent páratartalom pedig a kullancsok számára teremt kedvezőtlen környezeti viszonyokat (Simao et al., 2010).

A növényzet felépítésének alakítása mellett, mely egyfajta a honos fajok felváltásán keresztül létrejövő indirekt hatás, több módon közvetlenül is hathatnak a talajban élő állatokra a biogeokémiai körforgás módosítása nyomán. Ez megvalósulhat különböző másodlagos anyagcseretermékek talajba juttatása által (Maceda-Veiga et al., 2016; Weidenhamer és Callaway, 2010), így pl. a növényi részekkel táplálkozó fonálférgek állománya erősen megfogyatkozott a keserűfűvek allelopatikus anyagaival kapcsolatba kerülve (De Almeida et al., 2022), a talaj nitrogéntartalmának feldúsulását előidéző nitrogénmegkötési szimbiózisoknak köszönhetően, valamint az avarminőség befolyásolásával (Borbáth, 2021; Maceda-Veiga et al., 2016; Weidenhamer és Callaway, 2010).

Az özönnövények átlagosan jelentős mértékben hozzájárultak a nitrogén-, foszfor- és széntartalom gyarapodásához a talajban, körülbelül 32%-al fokozták a lebontó mikroorganizmusok tevékenységét, továbbá a kémhatást is csökkentették valamilyen szinten (Vilà et al., 2011). Mindez bizonyított a magas aranyvessző esetében: a növény jelenléte

fokozza a foszfor tápanyagfelvételét a felső talajrétegben, valamint alacsonyabb pH értékkel és intenzívebb szén mineralizációval is jár, növelve ezáltal annak mennyiségét a talaj szervesanyag-készletében (Koutika et al., 2011). Számos funkcionális levéljellemző (magas tápanyag-koncentráció, alacsony szárazanyag-tartalom, keménység és vastagság) hatással van az elhalt szerves anyag minőségére, s ezáltal annak lebomlási sebességére. Az inváziós növények saját, eltérő funkcionális jellemzőik irányába idéznek elő tulajdonságbeli eltolódást az őshonos közösségeken belül, felgyorsítva ezáltal a honos fajok növényi anyagának bomlását is. Egy a bíbor nebáncsvirágot (*Impatiens glandulifera*) vizsgáló kutatás például alacsonyabb levél szárazanyag-tartalmat, szárspecifikus sűrűséget és magasabb specifikus levélterület-értéket állapított meg, mely tulajdonságok a jobb minőségű szerves hulladék indikátorai és ezáltal a gyorsabb lebontást segítik (Helsen et al., 2018). A keserűfüvek magas tannin koncentrációjú, rossz minőségű avarja ezzel szemben általában 3–4-szer lassabb ütemben bomlik a honos növényekhez képest (De Almeida et al., 2022; Renčo et al., 2021).

Azt is megfigyelték, hogy az inváziós nebáncsvirág faj jelenléte ugyan pozitívan befolyásolta a gombaközösségek összetételét, a lebontó baktériumok aktivitására ellenben korlátozóan hatott. Ez a nagy mennyiségű, mégis rosszabb minőségű szerves anyagot szolgáltató keserűfüvek esetében is igaznak bizonyult: a lassan lebomló szerves anyag a gombáknak kedvezett a baktériumokkal szemben. Utóbbi kapcsán megjegyzendő azonban, hogy a *Fallopia*-fajok a talajbeli mikrobák aktivitására kifejtett semleges hatásáról is léteznek beszámolók, valószínűleg az eltérő vizsgálati időpontok és a helyszínek változó termőhelybeli tulajdonságainak, klimatikus tényezőinek okán (Renčo et al., 2021).

Bambuszinvázióval érintett területeken végzett kísérletek szerint a bambuszlevelek magasabb nitrogéntartalmuknak, valamint alacsony lignin:nitrogén arányuknak hála mutattak gyorsabb bomlást (Luan et al., 2021). Általánosan elfogadott – metaanalízissel is bizonyított – álláspontnak számít, hogy a legtöbb inváziós növényfaj nagyobb mennyiségű és magasabb tápanyagtartalmú elhalt biomasszája növeli a lebontó szervezetek számát a talajban és jelentősen gyorsítja a biológiai lebontás folyamatát (Luan et al., 2021; Weidenhamer és Callaway, 2010). A túl nagy tápanyagtartalmú holt szerves anyag kedvezőtlen azonban, hiszen az igen magas C:N arányok a mikrobák lebontáshoz szükséges nitrogénigényének fokozásán keresztül versengést eredményeznek, mely az egyedsűrűség redukálásával a lebontást is lassítja (De Almeida et al., 2022; Luan et al., 2021). Ennek következtében nitrogénhiány alakulhat ki a talajban, mivel onnan vonják el a lebontó mikroorganizmusok a plusz mennyiségeket. Így számottevő nitrogénfeldúsulás általában csak nitrogénmegkötő szimbiózisokkal rendelkező özőnnövények inváziója esetében fordulhat elő (<http8>).

Általánosságban kijelenthető, hogy az özönnövény-avar növeli a talajfelszín felett élő lebontó szervezetek egyedsűrűségét, serkentve ezáltal azok lebontó tevékenységét (De Almeida et al., 2022). Emellett a földigiliszta állományok biomasszájának növekedéséhez is hozzájárulhat, mely potenciális, a biológiai invázióval járó pozitív hatást már számtalan kísérlettel bizonyítottak (Coyle et al., 2017).

2.4 A lebontás folyamata

Dekompozíció, vagyis a szerves anyagok fizikai és biológiai úton történő lebontása során a holt szerves anyag nitrogéntartalma a talajfauna és a mikroorganizmusok közvetítésével visszakerül a tápanyagkörforgásba, növelve ezáltal a talaj nitrogénszintjét. A szervesből szervetlenné alakított, ásványi nitrogén (pl. nitrit, nitrát) felvehető az élő növények számára és hozzájárul azok fejlődéséhez, növekedéséhez (http9).

A lebontás kezdeti lépéseiben a detritivorok (talajlakó gerinctelen fauna: csigák, atkák, földigiliszták) a fragmentáció folyamata során a földfelszínre kerülő elhalt növényi részeket fizikálisan általuk fogyasztható kis darabokra, fragmensekre (= detritusz) aprítják (http9; Supriya, N. a.). A tápanyagok egy része így bekerül a táplálékkörforgásba, másik részük (vízben oldódó anyagok) pedig a csapadékvízzel bemosódik a talajba (kilúgzás), ahol a visszamaradt szervesanyag-tömeghez hasonlóan a lebontás második, mikrobák által végzett fázisába kerül (http9; McClaugherty, 2001; Supriya, N. a.). A kémiai bomlasztást magát dekomponálók, (mikroorganizmusok, heterotróf baktériumok és gombák) végzik, ezt könnyítik meg jelentős mértékben a detritivorok a holt szerves anyag feldarabolásával (McClaugherty, 2001): a létrejövő nagyobb felület kedvez a mikrobák terjedésének, jobb hozzáférést nyernek (http9). A dekomponálók szaprofita organizmusok, vagyis táplálékukat, a detrituszt (annak elfogyasztása helyett) sejten kívül, enzimek kiválasztásával bontják egyszerűbb szerkezetűre, majd azt asszimilálva jutnak a növekedésükhöz szükséges tápelemekhez (pl. szén) és energiához. A gombák a felszínen megtapadó baktériumokkal ellentétben fonalaik segítségével képesek behatolni a detrituszdarabkák belsejébe is (McClaugherty, 2001; Merkl, 2020). A cukrok és vízben oldódó nitrogéntartalmú szerves vegyületek (pl. amidok, aminosavak) bomlanak le először (szén-dioxiddá, vízzé, ásványi sókká), mert ezek energiája és szén-nitrogén tartalma a legkönnyebben elérhető a gombák és baktériumok számára (http10). A vízben nem oldódó óriásmolekulákat (polimerek) először depolimerizálják, azokat egyszerűbb molekulákra bontják: a zsírokat és olajokat glicerinnre és zsírsavakra, a fehérjéket közti termékekre (pl.

(poli)peptidek) majd aminosavakra, a poliszacharidokat pedig vízben már oldódó diszacharidokra és/vagy monoszacharidokra. A cellulóz például cellobiózzá (diszacharid) és glükózzá (egyszerű cukor), a keményítő maltózzá (diszacharid) majd glükózzá bomlik ([http10](#); McClaugherty, 2001; Merkl, 2020). Az egyszerűsödött nitrogéntartalmú vegyületek az ammonifikáció folyamatán keresztül először ammóniává alakulnak, majd a nitrifikáció során az ammónia nitritté (NO_2^-), nitráttá (NO_3^-) válik ([http10](#)).

A dekomponálók tehát makromolekulákat egyszerűbbekre, azokat pedig szervesetlen ásványi anyagokra bontják le, melyek így a talajba visszajuttatva újra felvehetővé válnak a növények számára. Az ásványi elemek holt szerves anyagból történő felszabadulását mineralizációnak nevezzük (Supriya, N. a.).

A dekompozíció folyamatának termékei a víz, szén-dioxid és az ásványi anyagokban gazdag, a felsőbb talajrétegek termékenységéért felelős, finom szemcsés fekete humusz, mely a talaj szervesanyag-készletét bővítve a talaj biológiai, kémiai és fizikai tulajdonságaira is hatással bír ([http9](#); Supriya, N. a.).

A lebontó szervezetekre hatással bíró, s ezáltal a lebomlás gyorsaságát is meghatározó tényezők a klíma (hőmérséklet, nedvességtartalom) és a holt szerves anyag kémiai összetétele (szén:nitrogén tartalom ([http9](#))). Az élő növényi biomaszra C:N tartalma 40–80:1 arány szerint változó ([http11](#)), ez válik a lebontás befejeztével 10–12:1 értékűvé a széndioxid-keletkezés (szénvesztés) nyomán ([http12](#)).

A növényi biomasz dekompozíciója a hőmérséklet és a nedvességtartalom csökkenésével, vagyis ezen környezeti tényezők a lebontó szervezetek számára egyre kedvezőtlenebbé válásával lassul ([http9](#); [http11](#)). A hideg övezeti tundra biomon belül a leglassúbb (a talaj szervesanyag-készlete ezért is igen szegény), a forró trópusi övezet egyenlítői övében pedig a legsebesebb. Utóbbi területeire nem jellemző a humifikáció, így ott a talaj szerves anyagát a még friss holt biomasz és annak bomlástermékei képezik. Közepes gyorsaságú, sztemerd lebontás a mérsékelt övezet kontinentális övek mélyebb rétegű talajaiban figyelhető meg. A száraz kontinentális öv sztyeppvidékein a növényi maradványok magas cellulóztartalmuknak köszönhetően a kisebb csapadékmennyiség ellenére is gyorsabban és teljes mértékben degradálódnak, míg a nedves kontinentális öv magas lignintartalmú avara jellemzően nehezebben bontódik le ([http11](#); Szalai és Jakab, 2011).

2.5 Lebontó szervezetek

A lebontó szervezetek a detritusból nyerik táplálékukat és méretük, valamint a talajbeli folyamatokban betöltött szerepük alapján csoportosíthatók. A mikroflóra és -fauna a 100 µm-es (0,1 mm) nagyságot el nem érő baktériumokból, gombákból és egysejtűekből áll (McClaugherty, 2001). A mezofauna a 100 µm és 2 mm közötti testmérettel rendelkező gerincteleneket, az ugróvillásokat és talajatkákat foglalja magába. A makrofaunához a 2 mm-nél nagyobb testű lebontók tartoznak, mint a bogarak, gyűrűsférgék, soklábúak, puhatestűek és a túlélésükhöz nyirkos környezetet igénylő, éjszaka aktív szárazföldi ászkarákok. A soklábúak közül detritivor táplálkozásúak a szívó-, karimás- és szövő-ezerlábúak, valamint a vaspondró fajok (http13; McClaugherty, 2001).

A lebontás folyamatában mindhárom csoport részt vesz (detritivorok: mezo- és makrofauna, dekomponálók: mikrofauna és -flóra) (McClaugherty, 2001), ezen felül azonban más szolgáltatásokat is biztosítanak.

A makrofauna egyik csoportja például járatok létrehozásával és talajaggregátumok áthelyezésével (azok belső szerkezetének megváltoztatása nélkül – pl. hangyák) módosítja a talajszerkezetet. Így növelik a talaj porozitását s ezáltal annak levegőzöttségét, valamint vesznek részt a vízbeszivárgás szabályozásában is. Emellett a növények gyökereinek térbeli elrendeződésére is befolyással bírnak (Bottinelli et al., 2015).

A másik csoport (pl. földigiliszták) a járatok kialakításával járó előnyös hatásokon felül a talajaggregátumok fogyasztásán keresztül is hozzájárulnak a talaj struktúrájának módosulásához, mely során az aggregátumok belső felépítése (biológiai, fizikai, kémiai tulajdonságai) is megváltozik (Bottinelli et al., 2015). Az elhalt növényi részek a talajjal együtt kerülnek be az állat szervezetébe, az ásványi és szerves anyagok így a bélen áthaladva keverednek egymással és nyálkával borítódnak be. Végül ürítéssel visszakerülnek a talajba majd száradásukat, megszilárdulásukat követően kifejezetten a morzsás szerkezetre jellemző, új talajaggregátumok jönnek létre (Bottinelli et al., 2015; Szalai és Jakab, 2011).

A mezofauna legtöbb tagja a makrofaunával ellentétben nem képesek a talaj fizikai szerkezetének alakítására, porozitásának megváltoztatására, így a már meglévő réseken és járatokon keresztül mozognak csupán (http14). Fajsza-muk (továbbá azok típusa) és egyedsűrűségük jelzi azonban a talajban lezajló folyamatokat, a rendelkezésre álló szerves anyag mennyiségét és a zavarás mértékét is, így megemlítendő a földigilisztákéhoz hasonló bioindikátor szerepük. Kiszá-mú előfordulásuk a talaj nagyobb állományok eltartásához kevés

szervesanyag-tartalmáról nyújt visszajelzést, a fakóbb színezetű és nagyobb gerinctelenek megjelenése pedig tápanyagdús, gyors szervesanyag-lebomlással karakterizálható talajokra jellemző (http15).

2.5.1 Televényférgék (*Enchytraeidae*)

A gyűrűsférgék törzsébe tartozó, általában a fél centis testméretet meg nem haladó televényféreg fehér vagy sárgás színezetű és jellemzően bizonyos mértékben átlátszó, mely lehetővé teszi az állatok bétartalmának kívülről történő megfigyelését (Richards, 2023). Az állatok testét az első és utolsó szelvényt (feji és farki rész) leszámítva serték borítják, szőrsertékekkel azonban nem rendelkeznek. Hímnősek, szaporodáskor így kölcsönös megtermékenyítésre kerül sor, melyben (és a kokon létrehozásában) kulcsfontosságú szerepet tölt be a nyereg (Kadlecsik, N. a.).

A közönséges televényféreg (*Enchytraeus albidus*) esetében a gubó 20-nál több petét tartalmaz, melyekből a férgek 5–7 hét elteltével fejlődnek szaporodóképes egyedekké. Egy állat 2–9 hónapos (néha hosszabb) élettartama alatt úgy 1000 darab petét rak (http16; Richards, 2023).

A mikroorganizmusokkal, holt szerves és ásványi anyagokban gazdag földdel táplálkozó televényférgék előfordulása a talaj 40 centiméteres mélység feletti rétegeire, a humuszban gazdag, termékeny A és az afeletti O szintre (avarszint) jellemző. A hőmérséklet mint környezeti tényező nagy befolyással bír az állatok életfolyamataira. Az *Enchytraeus albidus* faj egyedeinek hosszú távú fennmaradásához elengedhetetlen, hogy az a számukra ideális tartományon (~13–20 °C) belül maradjon. (A szaporodás 20,5 °C felett lelassul, az 30 °C közeli értékek pedig már bizonyos mértékű elhullással járnak (Richards, 2023).) Emellett a talaj savassága és nedvességtartalma is meghatározó: ennek a fajnak megfelelő a 6,8 és 7,2 között változó pH érték, egyedei 5 alatt életképtelenek) és az állandóan nedves, lazább, szellőzőtebb állapotú talajok (http16). (Legideálisabb élőhelyek a rétek, legelők és a komposzt.)

Módosítják a talajszerkezetet és részt vesznek a szerves anyag lebomlásának folyamatában a talajaggregátumok (szerves és szervetlen anyagok) fogyasztásán és a mikroorganizmusok számára ideális mikro-élőhelyek létrehozásán keresztül (Bart et al., 2017). Vegyi anyagokkal szembeni érzékenységüknek hála remek bioindikátorok, így egyes fajok ökotoxikológiai kísérletek jellemző tesztalanyai. Populációbeli létszámuk és génállományuk vizsgálata alkalmas a környezetszennyezés kimutatására, mértékének megállapítására, valamint egyéb

negatív környezetbeli hatások azonosítására (http16). Bizonyos fajok, így az *E. albidus* elterjedt laboratóriumi felhasználása mellett szól továbbá, hogy gyors fejlődésű, mesterséges környezetben igen könnyen szaporítható, etethető fajról van szó, mely számos különböző talajtípuson (pl. természetes, agaragar) is megél (Kiss et al., 2021). A halak és kétéltűek számára kitűnő élő eleségként ismeretes férgeket az akvakultúra is számottevő mértékben hasznosítja (http16).

2.5.2 Érdes pinceászka (*Porcellio scaber*)

A *Porcellio scaber* hazánk hat leggyakoribb szárazföldi ászkarák fajának egyike. A 10–15 mm-es állatok küllemére a szürke, a narancs és a barna színárnyalatai jellemzőek. Mintázatuk gyakran a felismerhetetlenségig fakó, a torlemezek oldalain világos foltok sora fut végig. Mind a hét torsiálszelvényhez két járóláb, az öt potrohszelvényhez pedig hasadt lábak csatlakoznak. A potrohlábak közül az első két pár alakja a nemek megkülönböztetésében segít: a nőstényekkel ellentétben a hímek endopoditjai megnyúltak, az első potrohláb exopoditjának csúcsa pedig kikanyarított. A nemzetség többi fajához képest érdesebb felületű test apró viaszgömböktől mentes, körvonalát megőrzi és nem karcsúsodik el a potroh irányába. A *Porcellio*-fajok sajátos ismertetőjele a potroh has felőli oldalán fellelhető két pár légzőszerv (fehértest). A két pár csáp egyike kifejezetten nagyméretű, míg a másik pár egészen kicsi és eldugott. Rágó szájszervvel rendelkeznek (Farkas és Vilisics, 2013).

Jellemzően tömegesen, elsősorban antropogén hatás alatt álló élőhelyeken fordulnak elő. A városias környezettel járó intenzív zavarást is jól tűrik, az erdők belsejét és a túl nedves, vizenyősebb területeket kerülik csupán (Farkas és Vilisics, 2013). Élettartamuk meghaladja a három évet, anyagcsere folyamataik gyorsasága erősen hőmérsékletfüggő: ideálisak a 20 °C közeli értékek, míg az alacsonyabbak (15 °C) a szaporodás felhagyásával járnak. Főleg növényi detrituszt fogyasztanak, de táplálkozhatnak ezen felül más gerinctelenek ürülékével és tetemeivel, valamint a bomló szerves anyagot borító gombákkal is (Hornung et al., 1998).

Az érdes pinceászka bizonyul a szárazföldi ászkarákok közül az egyik legalkalmasabbnak a különböző fémek biohasznosulásának nyomon követésére, a középbéli mirigy fémtartalmának vizsgálata pedig képes kimutatni a talaj nehézfém szennyezettségét. A detritusz létrejöttének folyamatát (holt szerves anyag felaprítása) megfigyelve ugyancsak a mérgezettség szintjéről kaphatunk visszajelzést, hiszen az ászkák lebontó tevékenységét gátolja a nehézfémekkel szennyezett avar (Hornung et al., 1998).

3. A VIZSGÁLATOK ANYAGAI ÉS MÓDSZEREI

3.1 Az özönnövényminták beszerzése

A kísérletek során felhasznált növényi anyagok közül a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) leveleket frissen, Csörög községet környező mezőgazdasági táblák szegélyéből gyűjtöttem, majd szárítottam ki újságpapírra kiterítve. A selyemkóró (*Asclepias syriaca*) és korai juhar (*Acer platanoides*) levelek a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem gödöllői campusáról származnak.

3.2 A tesztállatokat szolgáltató ászkaráktenyészet bemutatása

A tenyészetet alkotó érdes pinceászka (*Porcellio scaber*) egyedek begyűjtésére 2019-ben, egy monori komposztálóból került sor. Az állományt jelenleg egy 28×38×12 cm nagyságú (8,5 literes), két oldalán planktonhálózattal takart szellőzőnyílással rendelkező műanyag dobozban tartják. Az ászkatenyészet közege tölgyfakéreggel és elsősorban korai juhar avarral kevert Florimo virágföld, búvóhelyként néhány, többnyire egészben maradt tojánhéjat, Ca-forrásként pedig szépiacsontot is tartalmaz. Az állatokat hetente kétszer etetik. Ez egyik alkalommal száraz táplálékot, pl. lemezes haltápot (Aquatic NatureCode Energy díszhal eleség) vagy saját keverésű tápot (teljes kiőrlésű liszt, kukoricaliszt, daráltlenmag, darált héjas tökmag, spirulinapor 6:6:4:2:1 arányú keveréke) jelent, másik alkalommal pedig valamilyen nedves eleséget, ami általában uborka, cukkini, sárgarépa, vagy alma.

A szükséges páratartalom fenntartása, indokolt esetben, heti két alkalommal történik víz beporlasztásával.

3.3 *Porcellio scaber* ászkafaj laboratóriumi etetési kísérlete

A kísérletben felhasználni tervezett egyedeket a tenyészetből egy, az állatok tömegére vonatkozó kikötést szem előtt tartva válogattuk ki: az ászkarákok súlya legyen a 30–40 mg-os tartományon belül. A kísérlethez használt gipsztégelyek 32 cm³ űrtartalmúak voltak, melyeket a kísérlet megkezdése előtt egy éjszakát vízbe áztattunk. A kiválasztott állatokat tömegük egyenkénti lemérését követően hármassával 15 gipsztégelybe tettük, közben adott tégelyszám mellett folyamatosan feljegyzésre kerültek a súlyadatok. Kezelésként (*Acer*, *Asclepias*,

Solidago) öt ismétlést alkalmaztunk, melyekhez tégelyenként körülbelül $0,250 \pm 0,005$ g száraz levéltömeget mértünk ki, s helyeztünk be összetörve az ászkák mellé (**1a. ábra**). A gipsztégelyeket azonos anyagú fedelekkkel zártuk le, majd ezeket sekély vízbe állítottuk, hogy az ászkák fennmaradásához elengedhetetlen nyirkos környezet biztosítva legyen.

A kísérletet két hét elteltével bontottuk. Újramértük az ászkák súlyát, valamint eltávolítottuk a meghagyott levélmaradványokat a tégelyekből (**1b. ábra**), majd azokat szárítószekrényben $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítottuk, s az így visszamaradt tömeget is lemértük.

A 3–3 ászka kezdő- és végtömegét tégelyenként átlagoltuk, majd ezen átlagsúlyok közötti különbséget osztottuk a kezdeti átlagsúllyal annak érdekében, hogy megkapjuk az ászkarák arányszámát. A levéltömegeknél ezt a 0–1 közötti értéket egyszerűen a végsúly és a kezdeti súly különbségét a kezdeti tömeggel elosztva kaptuk, átlagolás nélkül.

Összesen háromszor végeztük el a fent említett kísérletet, ugyanazokkal a kezelésekkel és ismétlésszámokkal.



1. ábra: Tördelt juharleveleket tartalmazó gipsztégely a kísérlet beállításakor (balra) és bontásakor (jobbra)

(forrás: Dr. Petrikovszki Renáta)

3.4 *Enchytraeus albidus* laboratóriumi etetési kísérlete

A televényes kísérlet első lépése a 6%-os vizes agar előállítása volt, melyhez 500 ml vízbe 6 g agar-agart kevertünk. A keveréket ezután negyedórán át 120°C -os hőmérsékleten és 1 atmoszféra túlnyomáson sterilizáltuk, majd a folyékony agart steril munkakörnyezetet biztosító,

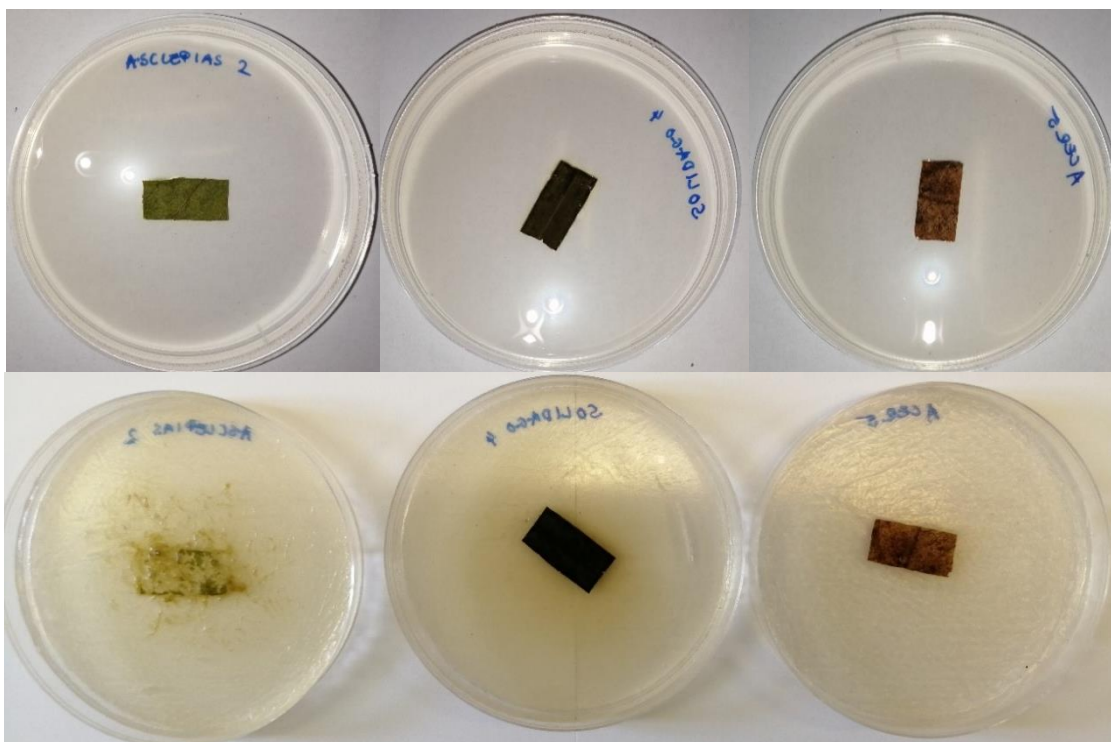
függőleges áramlású lamináris fülke alatt steril Petri-csészékbe öntöttük. Ezt követően a Petri-csészéket a táptalajok megszilárdulásáig a fülkében hagytuk.

A már kihűlt agarra ezek után ráhelyeztük egyenként (1 levél/Petri-csésze) a milliméterpapír sablon alapján 1×2 cm méretűre vágott levéldarabokat, miután analitikai mérleg segítségével lemértük azok tömegét. A fotózás előtt vártunk néhány percet, hogy a hullámos levelek némileg megpuhuljanak és ezáltal rásimuljanak a táptalajra (**2. ábra, felső 3 kép**). Ezt követően minden Petri-csészébe öt televényférget tettünk, majd parafilmmel lezártuk azokat az állatok benntartása és a páratartalom megőrzése érdekében és szobahőmérsékletű, sötét helyre helyeztük őket.

Az ászkakísérlettel ellentétben már egy hét elteltével bontottuk a kísérletet. A televényférgeket eltávolítva új fotók készültek, ezúttal a levéldarabok kísérlet utáni állapotáról (**2. ábra, alsó 3 kép**). A növényi maradványokat végül óvatosan - lehetőleg minél kevesebb táptalajjal együtt – leemeltük, lekapartuk az agarról, majd tömegállandóságig szárítottuk és újra tömeget mértünk.

Az ászkarákokkal végzett kísérlethez hasonlóan ebben az esetben is osztottuk a levelek kezdő- és végsúlyának különbségét a kezdeti súllyal az arányszámok kiszámítása érdekében.

Ezt az etetési kísérletet is három alkalommal végeztük el.



2. ábra: 2 cm²-es levéldarabok (balról jobbra: *Asclepias*, *Solidago*, *Acer*) táptalajon a kísérlet beállításakor (felső 3) és bontásakor (alsó 3)

(forrás: Dr. Petrikovszki Renáta)

3.5 A vizsgált növényfajok C:N tartalmának mérése

A növényi anyagok szerves és szervetlen (= összes) szén- és nitrogéntartalmát CN-analizátor segítségével határoztuk meg (3. ábra).



3. ábra: CN-analizátor kikapcsolt állapotban
(forrás: saját fotó)

A mérés előtt a növényi anyagokat Bosch MKM 6000 kávédarálóval néhány perc alatt porállagúra daráltuk, majd az így keletkezett, 0,2 mm alatti szemcseméretű száraz leveleket ónkapszulákba csomagoltuk. A mintákat egy kisméretű kanállal helyeztük a kapszulákba, szem előtt tartva a mérés szempontjából ideális 5–10 mg súlytartományt. A kapszulákat szóródásmentes, apró galacsinokká hajtogattuk össze különböző alakú csipeszek segítségével. Kezelésenként öt kapszulát töltöttünk meg, melyek súlyát mikromérleggel lemértük és feljegyeztük (4. ábra). A növényi anyagokon kívül további referencia, illetve kontroll anyagok betöltését is elvégeztük. Ezek, az analizátorba történő beejtésük sorrendjében: by-pass, blank, standard, control és végül a mérendő növényi anyag. A by-pass (2 db) galacsinok leméretlen tömegű mintát tartalmaznak, hiszen ezek csupán a mintaút helyes működésének ellenőrzésére, annak megtisztítására szolgálnak. Az üres kapszulák (2 db) is ellenőrző funkciót látnak el, hibára utal, ha ezekhez bármilyen adatot mér a gép. Ezeket követi az atropinnal töltött standardek beküldése. A négy eltérő súlyú (1 mg különbségek) kapszula alapján készíti a rendszer a kalibrációs görbét. Két darab, ugyancsak atropint tartalmazó control galacsin beejtése előzi meg az „éles” minták adagolását, melyekkel veszteség nélkül ellenőrizhető a mérés pontossága. Ebből az okból kifolyólag célszerű minden harmadik minta után egy kontroll feladatot ellátó galacsint beküldeni, hogy a mérések során vétett hibák ne a legvégén derüljenek

ki. Ebből a típusból ötöt (hetet az első kettővel) csomagoltunk, vagyis összesen 11 atropinos kapszula került felhasználásra a három inváziós növény levélmintáinak analízise során (MATE Kémia és Biokémia Tanszék, N. a.).

Az analizátor gépezet működése: a beejtett minták először az üveggyapot rétegek közé fogott katalizátorokkal (króm-oxid, kobalt-oxid) töltött első kvarccsőbe (= reaktorcső) jutnak, ahol a szerves szén- és nitrogén tartalmú vegyületek a két katalizátor és a csatlakoztatott gázpalackból engedett oxigén hatására oxidálódnak. Az óngalacsínok elégetésével a mérés kezdeti 1020 °C-os hőmérséklet tovább nő, és a szervesetlen szén-nitrogén vegyületekből a hő hatására szilárd (pl. kalcium-oxid) és gáz (pl. oxigén, szén-dioxid, nitrogén-dioxid) halmazállapotú (bomlás)termékek jönnek létre. A felül töltetlen, üres reaktorcsőben gyűlnek össze az el nem égett részek és a szilárd bomlástermékek a kvarc hamutartó csőben (MATE Kémia és Biokémia Tanszék, N. a.).

Ezt követően a maradék oxigén és a képződött dinitrogén, nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid, szén-dioxid, valamint vízgőz a rézforgáccsal töltött, 650 °C-os második kvarccsőben (= redukciós oszlop) halad át. Itt az oxigén által oxidálódik a rézforgács töltés egy része, és a nitrogén-oxidok dinitrogénné redukálódnak. Nem képezte a mérésünk részét a hidrogéntartalom megállapítása, így a vízgőzt magnézium-perkloráttal töltött vízelnyelő előtétoszlop segítségével eltávolítottuk (MATE Kémia és Biokémia Tanszék, N. a.).

A dinitrogén és szén-dioxid gázelegy összetevőinek szétválasztása a három méteres gázkromatográf analitikai oszlopban (Porapak QS 50–80 mesh szemcseméret) valósul meg 80 °C-on, majd a hővezetőképességi detektor (TCD) elektromos ellenállásának változása megadja az elválasztott összetevők koncentrációjának megfelelő jelet. A nyert adatokat végül a gép saját, Eager 200 nevezetű programjával dolgoztuk fel (MATE Kémia és Biokémia Tanszék, N. a.).



4. ábra: ónkapszulába csomagolt minta súlymérése mikromérleggel
(forrás: saját fotó)

3.6 Statisztikai elemzés

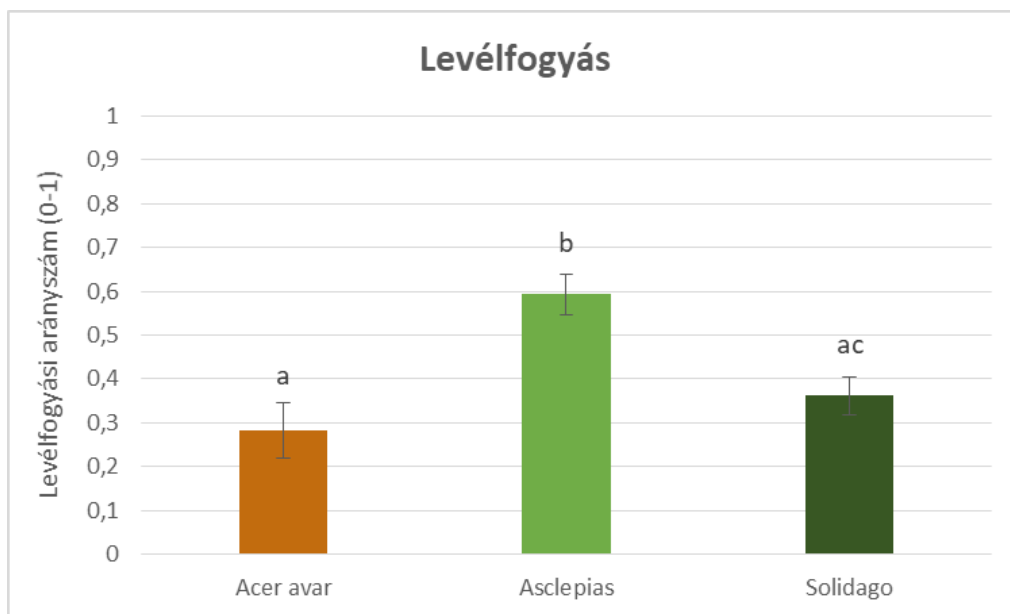
Az etetési kísérletek adatainak rendszerezéséhez, feldolgozásához, kiértékeléséhez a Microsoft Excel táblázatkezelő (a diagramok is ott készültek) és a PAST3 statisztikai programot vettük igénybe. A PAST3 programmal egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) végeztünk Tukey-féle post-hoc tesztet és $p \leq 0,05$ szignifikancia szintet alkalmazva.

A C:N tartalmak mérése során az adatokat az analízátor Eager 200 szoftvere segítségével kiértékeltek, majd ezeket is a Microsoft Excelben rendszereztük, készítettünk hozzájuk diagramokat.

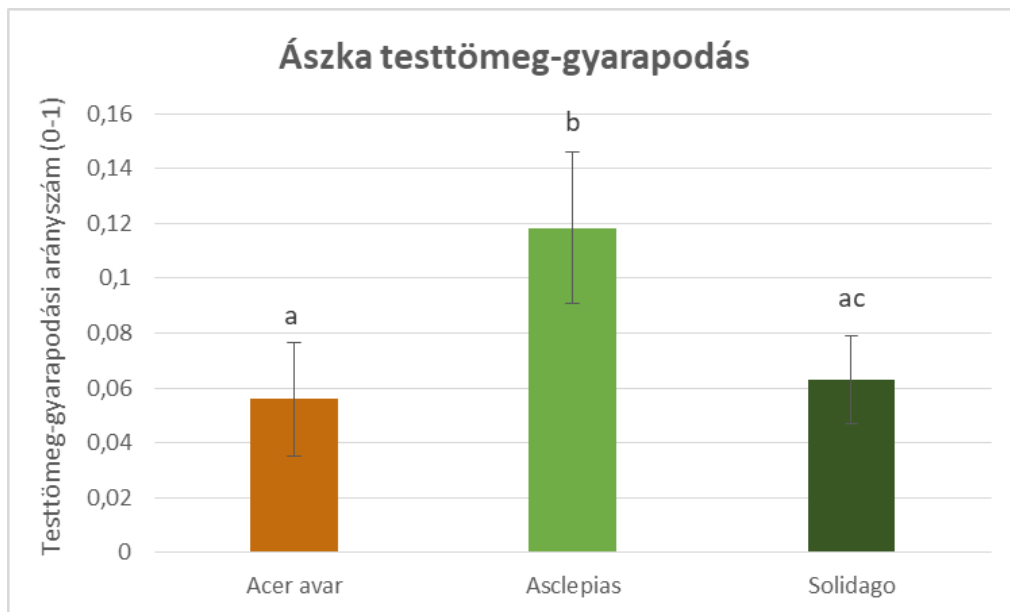
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1 *Porcellio scaber* ászkafajjal végzett etetési kísérlet

Mind az ászkák súlygyarapodása mind a levélfogyás tekintetében hasonló tendencia alakult ki. Szignifikáns különbséget mértünk a selyemkóró a két másik tesztfajjal történő összehasonlításakor az ászkák tömegnövekedését (p -érték *Acer* avarral összevetve: $1,039 \cdot 10^{-3}$, *Solidago*val $3,542 \cdot 10^{-3}$) és a levélfogyást (*Acer* avar: $5,61 \cdot 10^{-10}$, *Solidago*: $6,06 \cdot 10^{-7}$) illetően is (5. ábra, 6. ábra).



5. ábra: *Porcellio scaber* érdes pinceászka levélfogyasztásának arányszámai (átlag $\pm$ CI 95%).
(Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbség hiányát jelzik)
(forrás: közös szerkesztés Dr. Petrikovszki Renátával)

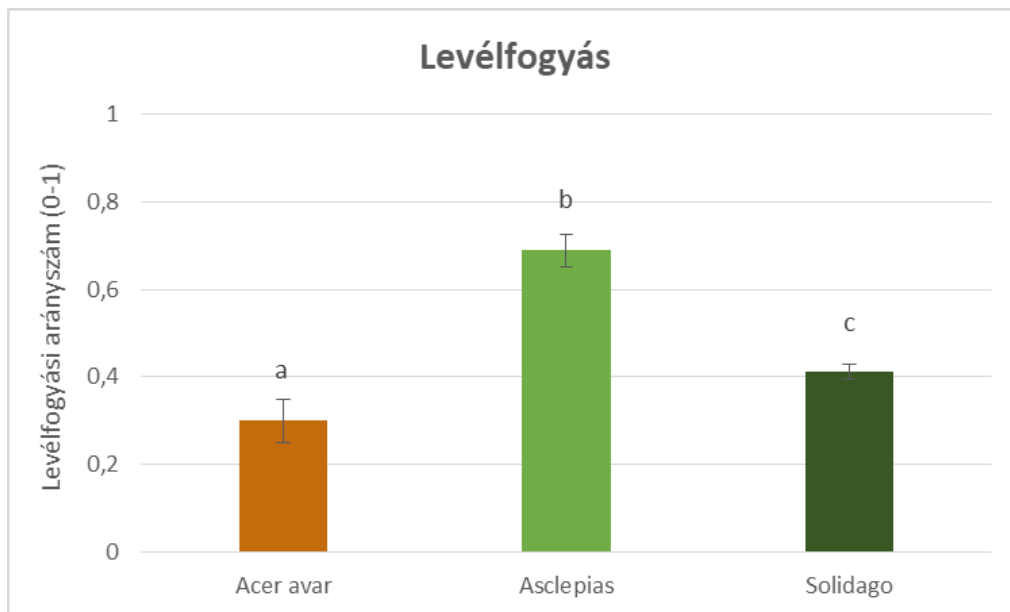


6. ábra: *Porcellio scaber* érdes pinceászka testtömeg-gyarapodásának arányszámjai (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbség hiányát jelzik) (forrás: közös szerkesztés Dr. Petrikovszki Renátával)

4.2 *Enchytraeus albidus* fajjal végzett etetési kísérlet

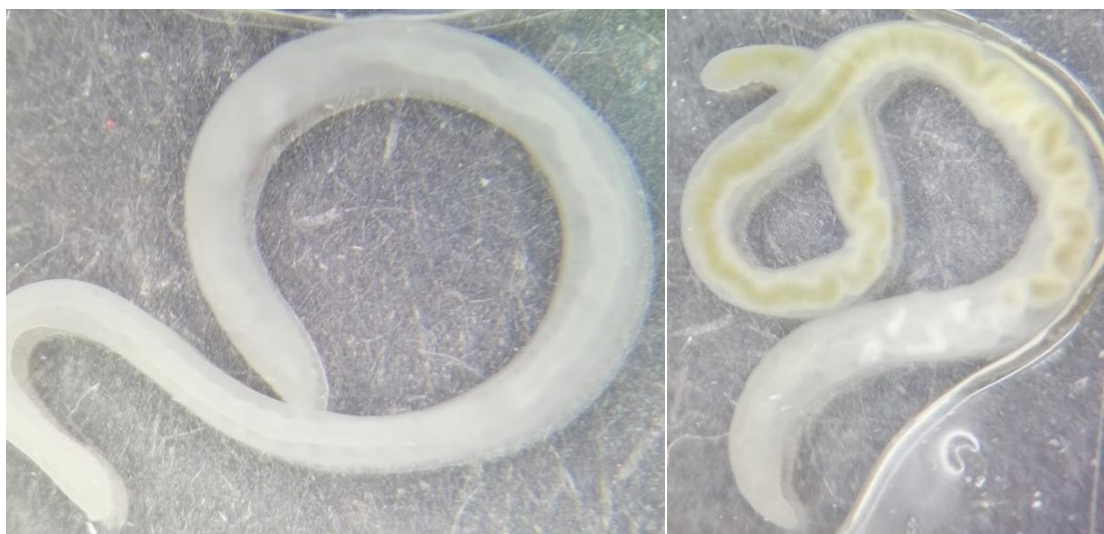
Ennél az etetési kísérletnél is feltűnően magas értéket láthatunk a selyemkóró esetében a másik két növényhez képest, azonban itt már a juhar és az aranyvesszők levélfogyása közötti különbség is nagyobb. Ezért kapunk a Tukey-féle post-hoc tesztet elvégezve kettő helyett három darab 0,05-nél kisebb p-értéket, mely a három kezelés levélfogyása kapcsán tapasztalt szignifikáns különbségekről árulkodik. (*Asclepias* és *Acer*: $1,06 \cdot 10^{-12}$, *Asclepias* és *Solidago*: $2,36 \cdot 10^{-12}$, *Acer* és *Solidago*: $3,49 \cdot 10^{-4}$, (7 ábra).)

Az ászkás kísérleteknél mért levélfogyáshoz viszonyítva a televényeseknél mindhárom levéltípusból (az eredeti tömeghez képest) több fogyott. Az arányszámok különbsége legnagyobb a selyemkóró (közel 0,1), majd az aranyvessző és végül a juhar esetében.



7. ábra: *Enchytraeus albidus* közösséges televényféreg levélfogyasztásának arányszámai (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az eltérő betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbségeket jelzik)
(forrás: közös szerkesztés Dr. Petrikovszki Renátával)

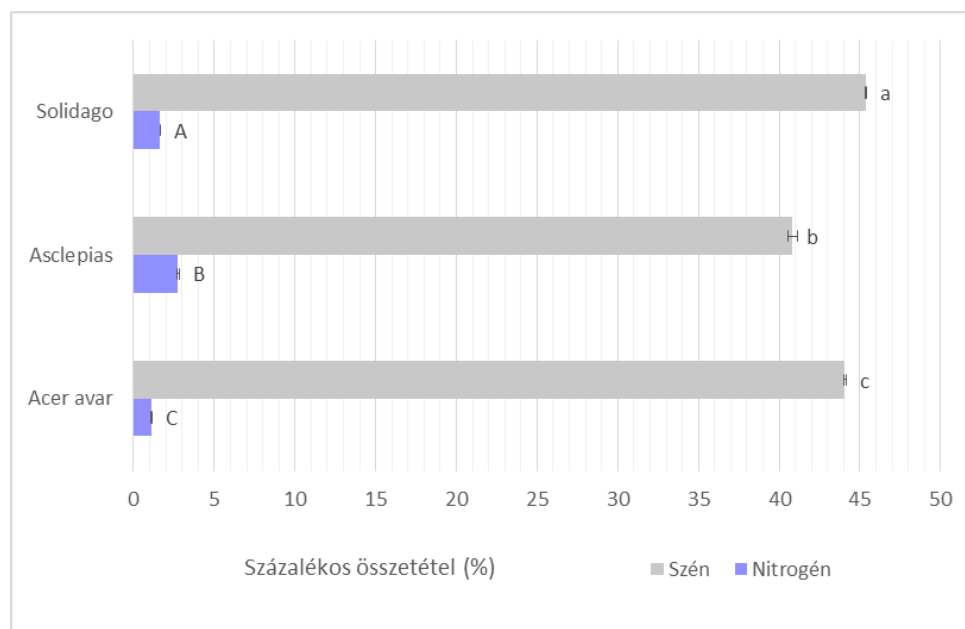
Csupán a levéltömegek változását vizsgáltuk, az állatokat magukat nem. Ennek ellenére készítettünk pár mikroszkópos fotót a televényférgek béltartalmáról a kísérletek bontását követően, hogy szemléltessük az állatok kezeléseik szerint eltérő mértékű levélfogyasztását (**8. ábra**).



8. ábra: kísérletbontást követően fotózott *Solidago* (balra) és *Asclepias* (jobbra) levéllel etetett televényférgek
(forrás: Dr. Petrikovszki Renáta)

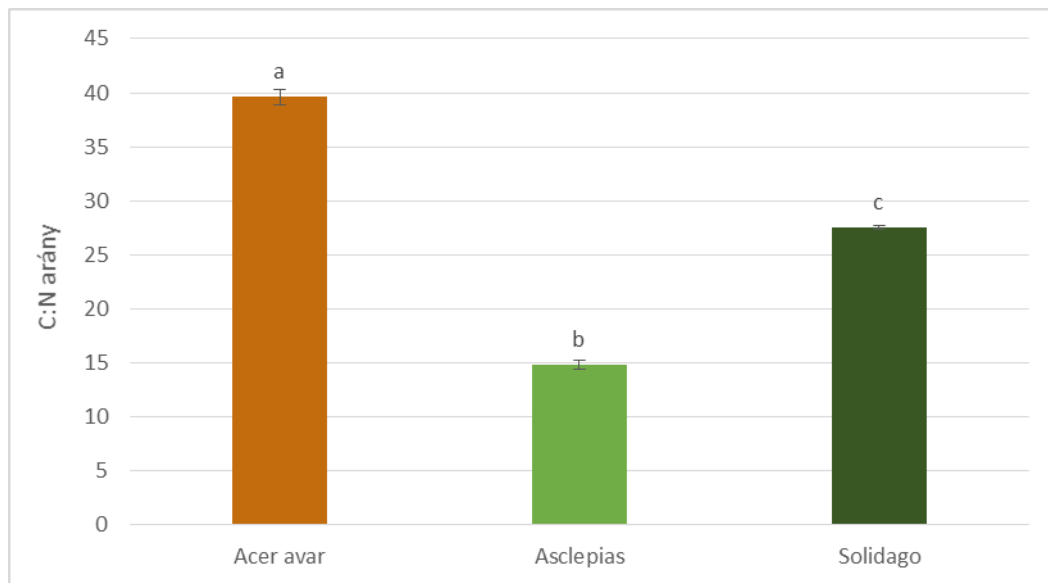
4.3 C:N tartalom mérése

A vizsgált növényminták széntartalmai szignifikánsan különböztek. Az *Asclepias* esetében mértük a legalacsonyabb széntartalmat ($40,81 \pm 0,29$), ezt követte az *Acer* avar ($44,1 \pm 0,07$), majd a legmagasabb érték a *Solidago* mintához ($45,36 \pm 0,06$) társult. A nitrogéntartalom esetében, habár statisztikailag kimutatható különbségeket mutattunk ki, eltérő tendencia alakult ki: az *Acer* avar rendelkezett a legalacsonyabb nitrogéntartalommal ($1,11 \pm 0,02$), majd a *Solidago* ($1,65 \pm 0,01$), végül az *Asclepias* levele tartalmazott a legnagyobb mennyiségben nitrogént ($2,76 \pm 0,1$) (9. ábra).



9. ábra: A három növényi anyag szén- és nitrogéntartalmának százalékos értékei (átlag $\pm$ CI 95%).
(Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az eltérő betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbségeket jelzik)
(forrás: közös szerkesztés Dr. Petrikovszki Renátával)

A kísérletben alkalmazott növényminták C:N arányukat tekintve szignifikánsan eltértek egymástól: *Acer* avar ($39,59 \pm 0,7$), *Solidago* ($27,51 \pm 0,17$) és *Asclepias* ($14,82 \pm 0,43$) (10. ábra).



10. ábra: A három növényi anyag C:N arányának értékei (átlag ± CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az eltérő betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbségeket jelzik)

(forrás: közös szerkesztés Dr. Petrikovszki Renátával)

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1 *Porcellio scaber* és *Enchytraeus albidus* fajokkal végzett etetési kísérletek

Az etetési kísérletekből származó adatok a tesztállatfajok kiemelkedő selyemkóró-preferenciáját bizonyítják a két másik növényfajjal szemben. A juhar és az aranyvessző adatait összehasonlítva statisztikailag kimutatható különbségeket ugyan csak a televényférgekkel végzett kísérletek során mértünk, mégis kijelenthető, hogy ennek ellenére is az aranyvesszőből fogyasztottak többet az állatok.

Az inváziós növényfajok iránt megfigyelt preferencia (és magas fokú hasznosultság az ászkákat illetően) alátámasztja azon a témában végzett más kísérletek eredményeit, miszerint a legtöbb özönnövényfaj magasabb tápanyagtartalmú holt szervesanyag-tömege a talajlakó és a talajfelszín felett élő lebontó közösségek számára egyaránt kedvez, gyorsabb biológiai degradációt eredményezve ezáltal (De Almeida et al., 2022; Luan et al., 2021; Weidenhamer és Callaway, 2010).

Zuefle és munkatársainak (2008) herbivor rovarok táplálkozását vizsgáló kísérletének beszámolója szerint a rovarok a teljesen idegen növényfajok egyedeit részesítették előnyben a kongenerikus fajokéval szemben, az az általunk végzett kísérletek eredményeihez hasonlóan: az ászkák és a televényférgesek szembetűnően jelentősebb mértékben fogyasztották az őshonos megfelelővel rendelkező inváziós aranyvessző fajnál a selyemkóró leveleket.

A kísérleteink tehát megerősítik azon általánosan elfogadott nézetet, miszerint az inváziós flóraelemek általában kedvezően hatnak a lebontó közösségekre és magára a lebontás sebességére (Luan et al., 2021; Weidenhamer és Callaway, 2010). A két vizsgált özönnövényhez mért erősen eltérő adatok azonban - az ászkák és a televényférgesek esetében is - ennek fajfüggőségét bizonyítják, melyre Coyle (2017), Renčo (2021) és munkatársaik is felhívták a figyelmet: az inváziós növények talajlakó gerinctelenek adott csoportjaira kifejtett hatása fajtól függően lehet pozitív, semleges, vagy akár negatív is. Özönnövényfajonként eltérő lebontási rátáról számol be egy 199 tudományos cikket feldolgozó metaanalízis is, mely a lebomlás ütemét vizsgáló kísérletekből származó adatok erős heterogenitásáról ír: egyes inváziós fajok növelik, mások kifejezetten lassítják a folyamatot. Ezen analízis azonban több mint egy évtizede készült, aktualitása pedig mindenképp fontos mérlegelendő szempont a frissebb elemzések eredményeivel való összehasonlítás során (Vilà et al., 2011).

A fajfüggőségre tekintettel célszerű lenne tehát ugyanezen kísérleteket más inváziós lágyszárúakkal is elvégezni, például bíbor nebáncsvirággal (*Impatiens glandulifera*) vagy japánkeserűfű fajjal (*Fallopia* spp.), majd a kapott eredményeket a mostaniakkal összevetve egybe kiértékelni és az alapján újabb következtetéseket levonni. Továbbá érdemes lenne (a legtöbb témabeli szakirodalomhoz hasonlóan) ezeken a laborkísérleteken kívül néhány terepi felvételezést is elvégezni, elsősorban a jelenlegi tesztfajokkal.

A kapott eredmények szerint a két vizsgált lebontó faj sikeresen alkalmazkodott az érendbéli változáshoz, mely az invázióval érintett területek átalakult vegetáció-összetételével járó negatív hatásokkal szembeni ellenállóságukról tanúskodik. Az inváziós fajok megjelenése táplálkozás szempontjából még előnyös is a számukra, hiszen azok fogyasztása kedvezőbben hat rájuk a megszokott honos fajhoz képest.

5.2 C:N tartalom mérése

Kedvezőtlen és jelentős mértékben lassíthatja a dekomponálás folyamatát a túl nagy szén:nitrogén arány, hiszen minél nagyobb a széntartalom, annál több nitrogént igényelnek a mikroorganizmusok a folyamat végzéséhez, mely versengést és ezáltal egyedsűrűség-csökkenést eredményez. (De Almeida et al., 2022; Luan et al., 2021) A kisebb C:N arányú (jó minőségű) és magas nitrogénkoncentrációjú holt szerves anyagokat ezzel szemben a gyors lebontás jellemzi (Martínez-García et al., 2021; Song et al., 2023; Zhang et al., 2021).

Eredményeink a fenti állításokat igazolják. A három vizsgált növényfaj közül az állatok által legnagyobb mértékben fogyasztott selyemkóró levélmintái rendelkeztek a legmagasabb nitrogénkoncentrációval és legkisebb C:N aránnyal. Növekvő C:N arány tekintetében a selyemkórót az aranyvessző, majd a juhar követte, az egyes kezelésekhez mért levélfogyás mértékével fordítottan arányos sorrendben. Az ászkák és televényférges által legkevésbé fogyasztott tesztnövény, a juhar mintáihoz állapítottuk meg a legkisebb nitrogéntartalmat és a legmagasabb C:N arányt.

A nitrogénkoncentráció és szén:nitrogén arány tehát bizonyítottan befolyásolja a biológiai degradáció sebességét. A jövőben a témában végzett további kísérletek során ezért hasznos lenne a felhasznált növényfajok C:N tartalmát ugyanúgy mérni újabb összefüggések találása reményében.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az invazív növények megtelepedése jelentős gazdasági és egészségügyi kockázattal jár, igen súlyos fenyegető tényezővé elsősorban azonban ökológiai szempontból, a természeti rendszerek egyensúlyának felborításán keresztül válnak: csökken a biodiverzitás, átalakul az ökoszisztéma, mely többek között a lebontás folyamatára is hatással bír.

Két különböző etetési kísérletet végeztünk el összesen három alkalommal, egyiket *Porcellio scaber* érdes pinceászka fajjal, másikat *Enchytraeus albidus* közönséges televényféreggel. Mindkét kísérlet során három különböző növényfajt adtunk táplálékként (korai juhar (*Acer platanoides*), selyemkóró (*Asclepias syriaca*), magas aranyvessző (*Solidago gigantea*)), fajonként öt ismétléssel. A levélfogyás (és az ászkák esetében a súlygyarapodás) alapján megállapítottuk kezelésként az állatok fogyasztásának (és az elfogyasztott rész hasznosulásának) mértékét, továbbá a kísérletek során felhasznált három növényfaj levélmintáinak szén- és nitrogéntartalmát is lemértük CN-analizátorral.

Az ászkákkal végzett kísérleteknél a súlygyarapodást és a levélfogyást illetően is kimagasló értékeket mértünk a selyemkóróhoz, ezek és a másik két növényhez mért adatok összehasonlító elemzése szignifikáns különbségeket mutatott. A televényférges etetési kísérleteknél ugyancsak szembetűnően jelentős levélfogyást tapasztaltunk a selyemkóró esetében, ezeknél viszont már a juhar és az aranyvessző eredményei is statisztikailag kimutatható különbséget adtak vissza. A C:N tartalmak mérése során a legmagasabb nitrogénkoncentrációt és legalacsonyabb C:N arányt a selyemkórónál, a legkisebb nitrogéntartalmat és legnagyobb C:N arányt pedig a juhar avar esetében állapítottuk meg.

A kísérletekből származó adatok egyértelműen a tesztállatok selyemkóró, kisebb mértékben pedig aranyvessző preferenciáját érzékeltetik, mely az inváziós fajok magas tápanyagtartalmú holt szerves anyagának a lebontó szervezetekre és ezáltal a lebontás gyorsaságára kifejtett pozitív hatását, mint általánosan elfogadott szakirodalmi álláspontot bizonyít. A két özönnövényhez mért egymástól igen eltérő adatok továbbá ezen hatás fajfüggőségéről tanúskodnak. Emellett a mért nitrogéntartalmak és C:N arányok is fontos tényezők a lebontás sebességét illetően, amit méréseink eredményei kiválóan szemléltetnek: az alacsony C:N arány mellett magas nitrogénkoncentrációval rendelkező selyemkóró levelek fogytak a legnagyobb mértékben, míg a magas C:N arányú, kis nitrogéntartalmú juhart jóval csekélyebb mértékben fogyasztották az állatok.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom mindenki számára, aki bármilyen formában hozzájárult a szakdolgozat elkészüléséhez.

Hálásan köszönöm konzulenseimnek, Dr. Boros Gergelynek és Dr. Petrikovszki Renátának, a kísérletekkel kapcsolatban, azok előkészítésétől egészen az eredmények kiértékeléséig, valamint maga a dolgozat összeállításában nyújtott rengeteg segítséget és a rendkívül türelmes, segítőkész hozzáállást.

Szeretném megköszönni továbbá Dr. Kampfl Györgyi munkáját is, aki kémiai szaktudásával és ránk szánt idejével, energiájával tette lehetővé a növényminták C:N mérésének elvégzését. Betanított a minták ónkapszulákba történő becsomagolására, megmutatta a CN-analizátor beüzemelésének és a mérés előkészítésének folyamatát, segített maga a mérés elvégzésében, valamint kiértékelte számunkra a végén kapott eredményeket.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- Bagi I. (1999): A selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) – Egy invazív faj biológiája, a védekezés lehetőségei. *Kitaibelia*, 4(2), 289–295. forrás: https://kitaibelia.unideb.hu/articles/Kitaibelia_vol42_p289-295.pdf (2023 szeptember)
- Bagi I. (2004): Selyemkóró. In: Mihály B. és Botta-Dukát Z. (szerk.): *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények*. Budapest: TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, pp. 319–336.
- Bagi I. és Bakacsy L. (2012): Közöncsiséges selyemkóró. In: Csiszár Á. (szerk.): *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, pp. 183–187.
- Balogh Á., Penksza K., Benécsné Bárdi G. (2006): Kísérletek a selyemkóróval fertőzött természetközeli gyepek mentesítésére. *Tájökológiai Lapok*, 4(2), 385–394. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.4475>
- Bart, S., Laurent, C., Péry, A. R. R., Mougin, C., Pelosi, C. (2017): Differences in sensitivity between earthworms and enchytraeids exposed to two commercial fungicides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 140(7), 177–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.02.052>
- Berki B. és Csecserits A. (2021): Segítheti-e a növényfajok invázióját az ellenségeik hiánya? – Irodalmi áttekintés a közönséges selyemkórót és Európában őshonos rokonait, a méreggyilokfajokat fogyasztó rovarokról. *Természetvédelmi Közlemények*, 27, 55–76. DOI: <http://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2021.27.55>
- Borbáth P. (2021): Milyen káros hatásokkal vannak az invazív fajok környezetükre? <https://xforest.hu/invaziv-fajok/> (2023 szeptember)
- Botta-Dukát Z., Balogh L., Dancza I. (2004): Az inváziót elősegítő tulajdonságok és tulajdonságkombinációk a hazai neofitonok jegyzékének elemzése alapján. In: Mihály B. és Botta-Dukát Z. (szerk.): *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények*. Budapest: TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, pp. 93–110.
- Botta-Dukát Z., Dancza I., Szabó I. (1998): A kaszálás és az avar eltávolításának hatása a *Solidago gigantea* Ait. növekedésére. *Természetvédelmi Közlemények*, 7, 65–73. forrás: http://real-j.mtak.hu/7205/1/TermeszettvedelmiKozlemenyek_07.pdf (2023 szeptember)
- Botta-Dukát Z. és Dancza I. (2004): Magas aranyvessző és kanadai aranyvessző. In: Mihály B. és Botta-Dukát Z. (szerk.): *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények*. Budapest: TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, pp. 293–318.
- Botta-Dukát Z. és Dancza I. (2012): Aranyvessző fajok (*Solidago* spp.). In: Csiszár Á. (szerk.): *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, pp. 213–217.
- Bottinelli, N., Jouquet, P., Capowiez, Y., Podwojewski, P., Grimaldi, M., Peng, X. (2015): Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? *Soil Tillage Research*, 146(A), 118–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.01.007>
- Coyle, D.R., Nagendra, U.J., Taylor, M.K., Campbell, J.H., Cunard, C.E., Joslin, A.H., Mundepi, A., Phillips, C.A., Callahan, M.A. (2017): Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. *Soil Biology and Biochemistry*, 110(July), 116–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.008>
- Czímber Gy., Glemnitz M., Hoffmann J., Radics L. (2004): A gyomnövények terjedése és a klímaváltozás hatása. *Agro Napló*, 8(11–12), 31–35. forrás: <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2004/12/szantofold/a-gyomnovenyek-terjedese-es-a-klimavaltozas-hatasa> (2023 szeptember)
- Csákó B. (2016): Inváziós fajok. https://www.parlament.hu/documents/10181/595001/Infojegyzet_2016_57_invazios_fajok.pdf/2ce5e606-5c4b-4758-a080-1b27747fe75d (2023 szeptember)
- Dancza I. (2012): Az inváziós növények elleni küzdelem Európában, különös tekintettel az EPPO (Európai és Földközi-tenger Melléki Növényvédelmi Szervezet) operatív tevékenységére és hazai vonatkozásaira. *Növényvédelem*, 48(1), 2–14. forrás: http://real-j.mtak.hu/24328/7/novenyvedelem_2012_1.pdf (2023 szeptember)
- De Almeida, T., Forey, E., Chauvat, M. (2022): Alien Invasive Plant Effect on Soil Fauna Is Habitat Dependent. *Diversity*, 14(2), 61. DOI: <https://doi.org/10.3390/d14020061>

- Dobi B. és Holes A. (szerk.) (2020): *Magyarország környezeti állapota 2020*. Budapest: Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
- Erdészeti harc a bálványfa ellen (2016): *Élet és Tudomány*, 71(22), 699. forrás: https://epa.oszk.hu/02900/02930/00310/pdf/EPA02930_elet_es_tudomany_2016_22.pdf (2023 szeptember)
- Farkas S. és Vilisics F. (2013): Magyarország szárazföldi ászkarák faunájának határozója (Isopoda: Oniscidea). In: Ábrahám L. (szerk.): *Válogatott tanulmányok VIII. - Natura Somogyiensis* 23. Kaposvár: Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága, pp. 89–124.
- Farkas T. és Visnyovszky T. (2021): Élőhely fenntartás, rehabilitáció - Özönnövények elleni védekezés az Aggteleki Nemzeti Parkban. <http://anp.nemzetipark.gov.hu/elohelyfenntartas-rehabilitacio> (2023 szeptember)
- Fazekas F. (2018): A rezisztens fenyércirok elleni védekezés lehetőségei. <https://agrotrend.hu/gazdalkodas/szantofold/a-rezisztens-fenyercirok-elleni-vedekezes-lehetosegei/> (2023 szeptember)
- Gál P. (2018): A gyomrezisztencia helyzete a világban. <https://agroforum.hu/szakcikkek/gyomirtas/gyomrezisztencia-helyzete-vilagban/> (2023 szeptember)
- Hartmann F. (2014): A rezisztens gyombiotípusokról röviden (dióhéjban). <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2001/11/novenyvedelem/a-rezisztens-gyombiotipusokrol-roviden-diohejban> (2023 szeptember)
- Helsen, K., Smith, S.W., Brunet, J., Cousins, S.A.O., De Frenne, P., Kimberley, A., Kolb, A., Lenoir, J., Ma, S., Michaelis, J., Plue, J., Verheyen, K., Speed, J.D.M., Graae, B.J. (2018): Impact of an invasive alien plant on litter decomposition along a latitudinal gradient. *Ecosphere*, 9(1), Paper e02097, 15 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2097>
- Hornung E., Farkas S., Fischer E. (1998): Tests on the isopod Porcellio scaber. In: Løkke, H. és van Gestel, Cornelis A. M. (szerk.): *Handbook of Soil Invertebrate Toxicity Tests*. Chichester: John Wiley & Sons, pp. 207–226.
- http1: Selyemkóró (Asclepias syriaca L.). <http://www.termeszetvedelem.hu/user/browser/File/%C4%82%E2%80%93%C4%82%C2%B6nfajokk al%20kapcsolatos%20kiadv%C3%A1nyok/%C4%82%C2%B6z%C4%82%C2%B6nn%C4%82%C2%B6v%C4%82%C2%A9nyek%20ismertet%C4%B9%E2%80%98%20poszterei/Asclepias%20syriaca.pdf> (2023 szeptember)
- http2: Összeférhetetlen növények. <https://kertlap.hu/allelapatia/> (2023 szeptember)
- http3: Alapvető tudnivalók a gyomrezisztenciáról. <https://www.agronaplo.hu/termekinformaciok/alapvetotudnivalok-a-gyomrezisztenciarol> (2023 szeptember)
- http4: Inváziós növényeket irtanak. <http://ecolounge.hu/vadon/invazios-novenyeket-irtanak> (2023 szeptember)
- http5: Amit az akácról tudni kell. <https://www.mindenamiakac.hu/cegunkrol/item/24-akacrol-minden.html> (2023 szeptember)
- http6: Gyombiológia és gyomszabályozás. http://nti.mkk.szie.hu/download/Foldmuvelestan_alapjai/Eloadas/Gyombiol%C3%B3gia%20%C3%A9s%20gyomszab%C3%A1lyoz%C3%A1s.pdf (2023 szeptember)
- http7: Garlic Mustard. https://nyis.info/invasive_species/garlic-mustard/ (2023 szeptember)
- http8: Carbon Nitrogen Ratio. <https://advancecovercrops.com/resources-advanced-cover-crops/carbon-nitrogen-ratio/> (2023 szeptember)
- http9: Decomposition. <https://www.usu.edu/herbarium/education/fun-facts-about-fungi/decomposition> (2023 szeptember)
- http10: Process of Organic matter Decomposition. <https://agriculturistmusa.com/process-of-organic-matter-decomposition/> (2023 szeptember)
- http11: Dekomponálás, detritivoria. <https://slideplayer.hu/slide/11151643/> (2023 szeptember)
- http12: Significance of C N ratio in soil. <https://agriculturistmusa.com/significance-of-c-n-ratio-in-soil/> (2023 szeptember)

- http13: A „makrofauna” állatai. <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/pannon-pannon-enciklopedia-1/magyarorszag-allatvilaga-4745/izeltlabuak-4E48/a-talaj-kozkatonai-5034/a-makrofauna-allatai-5036/?list=eyJxdWVyeSI6ICJcdTAwZjZya1x1MDBlOW55IGlzdHZcdTAwZTFuIFx1MDBlOXMgYXo gZWd5cGVyY2VzIG5vdmVsbGEifQ> (2023 szeptember)
- http14: Soil mesofauna. https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_mesofauna (2023 szeptember)
- http15: Soil mesofauna. <https://www.exploresoil.org.uk/explore/soil-organisms/exploring-soil-organisms-investigating-soil-mesofauna/> (2023 szeptember)
- http16: White Worm Culture (*Enchytraeus albidus*) - Live Fish Food. <https://www.fishlaboratory.com/fish/white-worm-culture-enchytraeus-albidus/> (2023 szeptember)
- Kadlecsik T. [N. a.]: Községes televényféreg (*Enchytraeus albidus*). <https://www.enfo.hu/node/10448> (2023 szeptember)
- Kiss L. V., Seres A., Boros G., Sárospataki M., Nagy P. I. (2021): Ecotoxicological effects of zinc oxide nanoparticles on test organisms from soil micro- and mesofauna. In: Abd-Elsalam, K. A. (ed.): *Nanobiotechnology for Plant Protection: Zinc-Based Nanostructures for Environmental and Agricultural Applications*. Amsterdam: Elsevier, pp. 569–588.
- Korda M. (2015): Az inváziós növényfajok visszaszorítása során alkalmazott technológiák rövid bemutatása. In: Csiszár Á. és Korda M. (szerk.): *Özönnövények visszaszorításának gyakorlati tapasztalatai*. Budapest: Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, pp. 37–42.
- Koutika, L.-S., Rainey, H. J., Dassonville, N. (2011): Impacts of *solidago gigantea*, *prunus serotina*, *heracleum mantegazzianum* and *fallopia japonica* invasions on ecosystems. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(1), 73–83. DOI: https://doi.org/10.15666/aer/0901_073083
- Lenner Á. (2014): Biológiai invázió. <http://ecolounge.hu/vadon/biologiai-invazio> (2023 szeptember)
- Luan, J., Liu, S., Li, S., Whalen, J.K., Wang, Y., Wang, J., Liu, Y., Dong, W., Chang, S.X. (2021): Functional diversity of decomposers modulates litter decomposition affected by plant invasion along a climate gradient. *Journal of Ecology*, 109(3), 1236–1249. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13548>
- Maceda-Veiga, A., Basas, H., Lanzaco, G., Sala, M., de Sostoa, A., Serra, A. (2016): Impacts of the invader giant reed (*Arundo donax*) on riparian habitats and ground arthropod communities. *Biological Invasions*, 18(3), 731–749. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-015-1044-7>
- Martínez-García, L.B., Korthals, G.W., Brussaard, L., Mainardi, G., De Deyn, G.B. (2021): Litter quality drives nitrogen release, and agricultural management (organic vs. conventional) drives carbon loss during litter decomposition in agro-ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 153, Paper 108115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108115>
- MATE Kémia és Biokémia Tanszék [N. a.]: *Talaj- és növényminták összes szén és összes nitrogén tartalmának meghatározása Fisons NA 1500 Series 2 CN-analizátorral*. Használati útmutató. 22 p.
- McClagherty, C. (2001): Soils and Decomposition. <https://www.geneseo.edu/~hartvig/popcommmlab/papers/soils%20and%20decomposition%20-%20Nature%20ELS%202001.pdf> (2023 szeptember)
- Merkl. O. (Kontur T.) (2020): Az Év Rovara bemutatkozása Merkl Ottó írása nyomán. <https://bisel.hu/hirek/az-ev-rovara-bemutakozasa-merkl-otto-irasa-nyoman/2020-05-06> (2023 szeptember)
- Molnár Cs. (2020): Rohamtempóban terjednek az inváziós növények Magyarországon. <https://hang.hu/magyar-hang-plusz/rohamtempoban-terjednek-az-invazios-novenyek-magyarorszagon-121342> (2023 szeptember)
- Nádai M. (2020): *Idegenhonos lágyszárú özöngyomok megismerése, visszaszoríthatósága*. [H. n.]: Nádai Magda.
- Ónodi G. (2016): Az idegenhonos, illetve inváziós fajok élőhelyformáló hatásai. *Erdészettudományi Közlemények*, 6(2), 101–113. DOI: <https://doi.org/10.17164/EK.2016.008>
- Pestiné Rácz É. V. (2008): Az özönnövények irtási sikerességének vizsgálata térbeli modellek alapján - *Természetvédelmi Közlemények*, 14, 105–116. forrás: http://real-j.mtak.hu/7201/1/TermeszettvedelmiKozlemenyek_14.pdf (2023 szeptember)
- Renčo, M., Čerevková, A., Homolová, Z. (2021): Nematode communities indicate the negative impact of *Reynoutria japonica* invasion on soil fauna in ruderal habitats of tatra national park in Slovakia. *Global Ecology and Conservation*, 26, Paper e01470, 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01470>

- Richards, S. (2023): Culturing White Worms (*Enchytraeus albidus*). <https://wormskillwaste.com/white-worms-enchytraeus-albidus/> (2023 szeptember)
- Sali N. (2019): Solidago taxonok gyógyászati jelentősége. *Farmakognóziai Hírek*, 14(50), 12–13. forrás: https://epa.oszk.hu/01100/01189/00058/pdf/EPA01189_farmakognoziai_hirek_2019_50.pdf (2023 szeptember)
- Sándor A. (2020): Inváziós fajok. <https://www.nyikom.hu/our-destination/2020-04-07-invazios-fajok/> (2023 szeptember)
- A selyemkóró (2005): *Magyar VADÁSZLAP*, 14(8), 497. forrás: https://epa.oszk.hu/02300/02327/00166/pdf/EPA02327_magyar_vadaszlap_2005_08.pdf (2023 szeptember)
- Simao, M.C.M., Flory, S.L., Rudgers, J.A. (2010): Experimental plant invasion reduces arthropod abundance and richness across multiple trophic levels. *Oikos*, 119(10), 1553–1562. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18382.x>
- Song, Y., Yu, Y., Li, Y., Du, M. (2023): Leaf litter chemistry and its effects on soil microorganisms in different ages of *Zanthoxylum planispinum* var. *Dintanensis*. *BMC Plant Biology*, 23, Paper 262. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04274-z>
- Supriya, N. [N. a.]: Organic Matter Decomposition. <https://biologyreader.com/organic-matter-decomposition.html> (2023 szeptember)
- Szalai Z. és Jakab G. (2011): *Bevezetés a talajtanba környezettanossoknak*. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem.
- Szigetvári Cs. (2006): Átoktüske. In: Botta-Dukát Z. és Mihály B. (szerk.): *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények II*. Budapest: Haraszthy László, pp. 385–394.
- Szilassi P., Tobak Z., Boudewijn, van L., Szatmári J., Kitka D. (2017): A szárazodással kapcsolatos földrajzi tényezők és egy özönnövény terjedése közti kapcsolat vizsgálata a Dél-Alföldi Régió területén. *Földrajzi Közlemények*, 141(1), 30–43. forrás: https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/12398/1/Szilassi_et_al_2017.pdf (2023 szeptember)
- Taller J., Nagy E., Decsi K., Kutasy B., Mátyás K., Farkas E., Kolics B., Barta E., Virág E. (2016): A transzkriptomika hasznosítása a gyomkutatásban. Esettanulmány a legelterjedtebb gyomnövényünkkel, az ürömlevelű parlagfűvel (*Ambrosia artemisiifolia* L.), *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 17(1), 5–15. forrás: https://hwrs.hu/wp-content/uploads/2017/10/Gyomkutatás_2016_1.pdf (2023 szeptember)
- Tiborcz V. (2012): Madársóska fajok (*Oxalis* spp.). In: Csiszár Á. (szerk.): *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, pp. 151–157.
- Tóth T. (2017): Két mikroszkópikus gombafaj együttes károsítása szíriai selyemkórón (*Asclepias syriaca* L.) a Hajdúsági kistérségben. *Agrártudományi Közlemények*, 72, 189–195. DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/72/1614>
- Új eszközökkel az inváziós növények ellen (2015): *Élet és Tudomány*, 70(2), 60. forrás: https://adt.arcanum.com/hu/view/EletEsTudomany_2015_1/?pg=59&layout=s (2023 szeptember)
- Vilà, M., Espinar, J.L., Hejda, M., Hulme, P., Jarošík, V., Maron, J., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, J., Pyšek, P. (2011): Ecological impacts of invasive alien plants: A meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, 14(7), 702–708. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x>
- Vojnich V. (2021): Inváziós növények Magyarországon. <https://mezohir.hu/2021/11/25/invazio-nonyenyvando-las-kornyezetvedelem-egeszsegvedelem-ozonszeru-mezogazdasag/> (2023 szeptember)
- Weidenhamer, J.D. és Callaway, R.M. (2010): Direct and indirect effects of invasive plants on soil chemistry and ecosystem function. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1), 59–69. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9735-0>
- Zelei A. (2022): Dísznövényből flóragyilkos, avagy a japán óriáskeserűfű útja a csodálattól az üldözésig. <https://xforest.hu/japan-oriaskeserufu/> (2023 szeptember)
- Zhang, J., Li, H., Zhang, Hu., Zhang, Ho., Tang, Z. (2021): Responses of Litter Decomposition and Nutrient Dynamics to Nitrogen Addition in Temperate Shrublands of North China. *Frontiers in Plant Science*, 11, Paper 1664-462X. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.618675>

Zuefle, M.E., Brown, W., Tallamy, D.W. (2008): Effects of non-native plants on the native insect community of Delaware. *Biological Invasions*, 10(7), 1159–1169. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9193-y>

9. ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. **ábra:** Tördelt juharleveleket tartalmazó gipsztégely a kísérlet beállításakor (balra) és bontásakor (jobbra), 24. oldal
2. **ábra:** 2 cm2-es levéldarabok (balról jobbra: *Asclepias*, *Solidago*, *Acer*) táptalajon a kísérlet beállításakor (felső 3) és bontásakor (alsó 3), 25. oldal
3. **ábra:** CN-analizátor kikapcsolt állapotban, 26. oldal
4. **ábra:** ónkapszulába csomagolt minta súlymérése mikromérleggel, 27. oldal
5. **ábra:** *Porcellio scaber* érdes pinceászka levélfogyasztásának arányszámai (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbség hiányát jelzik), 29. oldal
6. **ábra:** *Porcellio scaber* érdes pinceászka testtömeg-gyarapodásának arányszámai (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbség hiányát jelzik), 30. oldal
7. **ábra:** *Enchytraeus albidus* közönséges televényféreg levélfogyasztásának arányszámai (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az eltérő betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbségeket jelzik), 31. oldal
8. **ábra:** kísérletbontást követően fotózott *Solidago* (balra) és *Asclepias* (jobbra) levéllel etetett televényférgek, 31. oldal
9. **ábra:** A három növényi anyag szén- és nitrogéntartalmának százalékos értékei (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az eltérő betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbségeket jelzik), 32. oldal
10. **ábra:** A három növényi anyag C:N arányának értékei (átlag $\pm$ CI 95%). (Jelmagyarázat: CI 95%: 95% konfidencia intervallum; ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt, az eltérő betűk a szignifikáns ($p \leq 0,05$) különbségeket jelzik), 33. oldal

10. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Tauner Veronika Piroska
A Hallgató Neptun kódja:	FNZVLC
A dolgozat címe:	Lebontó szervezetek preferenciavizsgálata lágyszárú inváziós növényfajok esetében
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Állattani és Ökológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

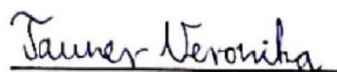
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. november 2.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Tauner Veronika Piroska (név) (hallgató Neptun azonosítója: FNZVLC)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023 év november hó 6 nap


belső konzulens