

Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Növénybiológiai Tanszék

37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

**Két inváziós növényfaj allelopátiás hatásának vizsgálata az őshonos
fedélrozsokra (*Bromus tectorum*) rhizotron rendszerben**



Nagy Noémi
Biológia BSc, 3. évfolyam

Témavezető
Dr. Bakacsy László
egyetemi adjunktus
SZTE TTIK, Növénybiológiai Tanszék

SZEGED

2025

TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ

A zavart homokgyepek természetes regenerációját gyakran akadályozzák inváziós növényfajok, amelyek az őshonos növények kiszorításával tartósan befolyásolhatják a helyi ökoszisztéma egyensúlyát. Az inváziós növények a zavart élőhelyeket könnyen kolonizálják, különösen a Pannon nyílt homokgyepek esetében, ahol a talajbolygatás másodlagos gyepek kialakulásához vezet, elősegítve ezzel a közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca*) és a kétszínű kokárdavirág (*Gaillardia pulchella*) megtelepedését és elterjedését. Az ilyen élőhelyek egyik domináns őshonos fűfaja a fedélrozsok (*Bromus tectorum*), amely az északi féltekén őshonos, szárazságtűrő egyéves növény, és többek között Európa, Ázsia és Észak-Amerika száraz gyepeiben gyakori. Gyors növekedése és korai csírázása révén jelentős szerepet játszik a talajerózió mérséklésében és a talajban található tápanyagok kihasználásában, de érzékeny az inváziós fajokkal való interakciókra, így az allelopátiás hatásokra is. Kutatásunk célja az volt, hogy feltárjuk, hogyan befolyásolja a közönséges selyemkóró és a kétszínű kokárdavirág allelopátiás hatása a fedélrozsok növekedését, ha külön-külön és kombinációban vannak jelen. A kísérlet során mindkét inváziós növény levélőrleményét különböző koncentrációban (0,5%, 5%) adtuk általános virágföldhöz: külön-külön, valamint egyenlő arányban (1:1) keverve is. A talajkeveréket rhizotronokba töltöttük, melyekbe egy-egy fedélrozsok tesztnövényt ültettünk. A két hétig tartó vizsgálat után megmértük a tesztnövény hajtás- és gyökérhosszát, hajtástömegét, hajtásszámát és mellékgyökereit is megszámláltuk. Az eredmények azt mutatták, hogy az *A. syriaca* közvetlenebb, erősebb hatást gyakorolt a fedélrozsokra, míg a *G. pulchella* inkább közvetett módon és koncentrációfüggően befolyásolta a növekedést. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy mindkét inváziós faj hatással lehet a zavart homokgyepek regenerációs folyamataira és a tápanyag-elérhetőségre, így ezen fajok kezelése és ökológiai hatásaik további vizsgálata elengedhetetlen a természetes élőhelyek zavartalan regenerációjához.

Kulcsszavak: Allelopátia, *Asclepias syriaca*, *Bromus tectorum*, *Gaillardia pulchella*, Gyökér- és hajtásmorfológia, Klorofill, Növényi invázió, Rhizotron

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. CÉLKITŰZÉSEK	8
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	10
3.1. <i>Az alkalmazott növényi anyag és tesztnövény</i>	10
3.2. <i>Nevelési körülmények (alkalmazott talaj és rhizotron rendszer)</i>	12
3.3. <i>Dokumentációs módszerek</i>	14
3.4. <i>Statisztikai kiértékelés</i>	15
3.5. <i>Biokémiai vizsgálatok</i>	15
4. EREDMÉNYEK	16
4.1. <i>Morfológiai mérések eredményei</i>	16
4.2. <i>Alap biokémiai mérések eredményei</i>	19
4.3. <i>Eredmények összefoglalása</i>	22
5. DISZKUSSZIÓ	25
6. IRODALOMJEGYZÉK	28
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	33

1. BEVEZETÉS

Inváziós növényfajoknak, vagy özönnövényeknek azokat a nem őshonos fajokat nevezzük, amelyek számukra idegen élőhelyen önállóan képesek populációjukat fenntartani, és újabb területeket meghódítani (Richardson és mtsai. 2000). Az inváziós növények terjedése világszerte egyre növekvő ökológiai kihívást jelent, különösen az őshonos fajokra, de egész ökoszisztémákra gyakorolt hatásuk miatt is (Vitousek és mtsai. 1997). Az inváziós fajok megváltoztatják a talaj tápanyag-összetételét, a vízháztartást, és befolyásolják az ökológiai egyensúlyt (Richardson és mtsai. 2000; Richardson és Rejmánek 2011). E változások gyakran kedvezőtlen körülményeket teremtenek az őshonos fajok számára, ami végső soron az ökoszisztémák összetételének és funkcióinak romlásához vezet.

Az inváziós növények gyakran a zavart élőhelyeket kolonizálják elsőként, ahol a zavarás (pl. talajbolygatás) másodlagos élőhelyek kialakulásához vezet, melyek aztán az inváziós növényfajok továbbterjedésének kiindulópontját jelentik (Csecserits és mtsai. 2016). A Pannon nyílt homokgyepek esetében ilyen másodlagos egyéves gyepek a *Brometum tectorum* társulás, mely a *Festucetum vaginatae* társulás közé gyakran ékelődik be kisebb-nagyobb, olykor jól kiterjedt állományai. Ez az egyéves gyepek ott alakul ki, ahol a talajban tápanyag feldúsulás van, vagy valamilyen zavaró hatás az évelő gyepek megsemmisítését okozta (Bölöni és mtsai. 2011), így a buckaközökben, a *Festucetum vaginatae salicetosum* külső részein, a facsoportok környékén, vagy az előzőleg művelt, bolygatott területeken. Regenerálódása nyílt homokpusztai gyeppé rendkívül lassú folyamat, amelyet a szélsőséges mikroklimatológiai körülmények gyorsítanak (Bagi 1990). Azonban a zavart homokgyepek természetes regenerációját gyakran akadályozzák inváziós növényfajok, amelyek az őshonos növények kiszorításával tartósan befolyásolják a helyi ökoszisztéma egyensúlyát (Csecserits és mtsai. 2011; 2016; 2022).

Az özönfajok nemcsak az adaptív tulajdonságaik révén szorítják ki az őshonos növényeket, hanem gyakran allelopátiás képességekkel is rendelkeznek (Del Fabbro és Prati 2015; Kalisz és mtsai. 2021; Xu és mtsai. 2023). Az allelopátia folyamata során bizonyos növények olyan kémiai anyagokat, úgynevezett allelokemikáliákat bocsátanak ki, amelyek befolyásolják a közelükben lévő növények csírázását, növekedését és fejlődését (általában gátló, de pozitív hatásuk is lehet) (Macías és mtsai. 2020). Ezek az allelopátiás anyagok több

módon is bejuthatnak a talajba: gyökérváladékkal, avarral, illékony vegyületek párologtatásával vagy más növényi részek bomlásával. Például az Amerikában inváziós *Centaurea stoebe* L. (kisfészkü imola) gyökeréből allelokemikáliák választódnak ki, amik gátolják az amerikai prérifajainak növekedését, miközben elősegítik az inváziós faj terjedését (Bais és mtsai. 2003; Pollock és mtsai. 2011). Megemlíthetők még a szubtrópusi *Eucalyptus* fajok, amelyeknek lehulló és lebomló leveleiből jelentős mennyiségű fenolos savak szabadulnak fel, amik hatékonyan gátolják az őshonos aljnövényzet fejlődését, így csökkentve a biológiai sokféleséget (Ruwanza és mtsai. 2015)

Az allelopátia jelentős szerepet játszik a talaj és a növényi környezet közötti kölcsönhatások szabályozásában is (Blum 1998; Blum és mtsai. 1999a; Xu és mtsai. 2023). Blum (1998), és mtsai. (1999ab) kutatása szerint a talajba jutott allelopátiás anyagok egy része reverzibilisen kötődhet a talajrészecskékhez. Ez a reverzibilis kötődés pedig megvédheti azokat a mikrobiális bontástól, így az allelopátiás anyagok hosszú ideig aktívak maradhatnak a talajban (Blum és mtsai. 1999b; Dalton 1999). Az inváziós fajok allelopátiás anyagaikkal képesek módosítani a talaj kémiai és biológiai tulajdonságait például a talajban elérhető tápanyagok eloszlását, így tartósan elősegítve az inváziós fajok terjedését az őshonos növények rovására. Ezek az anyagok közvetlenül és közvetetten is befolyásolják a talaj élővilágát és a növényeket azok gyökereinek révén. A talajban az allelokemikáliák közvetlen hatással vannak a talaj mikrobiális közösségeire, amelyek a növények számára fontos tápanyagokat szabadítanak fel. Például a *Stellera chamaejasme* gyökérváladéka növeli a talaj pH-t és csökkenti az őshonos növények mikorrhizás kapcsolatainak hatékonyságát, ami fokozza az inváziós faj terjedését (Zhu és mtsai. 2020).

Ezek a kémiai anyagok az allelopátiás növények ökológiai dominanciájához vezethetnek azáltal, hogy csökkentik a környező, gyakran őshonos fajok versenyképességét, mivel azok gyakran nem tudnak alkalmazkodni ezekhez a számukra új, ismeretlen anyagokhoz (Vivanco és mtsai., 2004; Callaway és Ridenour 2004). Így az ilyen allelopátiás hatások destabilizálják az ökoszisztémát, mivel csökkentik az őshonos fajok sokféleségét, befolyásolják a talaj tápanyagkörforgását, és akár megváltoztatják a helyi vízháztartást is. E folyamatok révén az inváziós fajok nemcsak a helyi biodiverzitást csökkentik, hanem az ökoszisztéma hosszú távú működését is veszélyeztetik, ami súlyos következményekkel jár a helyi élővilág és ökoszisztéma-szolgáltatások szempontjából (Xu és mtsai. 2023). Mindezek alapján az allelopátiás hatások vizsgálata alapvető fontosságú az inváziós fajok térhódításának megértéséhez.

Hagyományosan, allelopátiás teszteket leggyakrabban *in vitro* körülmények között, Petri-csészében szűrőpapíron végzik. Ehhez a tesztelni kívánt növény vizes vagy szerves oldószeres (általában etanol, vagy metanol) kivonatát használják, amivel egy tesztnövény csírázását, növekedését vizsgálják, jellemzően néhány napig. A másik gyakran alkalmazott módszert az jelenti, amikor a kivonatból tisztítanak egy bizonyos vegyületet, aminek a hatását hasonló módon vizsgálják (Brücker és Szabó 2001; Bakacsy és mtsai. 2022). Annak ellenére, hogy ezek a hagyományos tesztek nélkülözhetetlenek az allelopátia hatásainak kimutatásához, vagy a fő hatásért felelős molekula megállapításáért, mégis ezek gyakran csak tájékoztató jellegűek, mivel az ilyen módon vizsgált hatások sokszor eltérhetnek a természetben megfigyelhető reakcióktól, hatásoktól (Brücker és Szabó 2001; Inderjit és Callaway 2003). Egyrészt az *in vitro* allelopátiás tesztek esetében gyakran az egész növény teljes testfelületével kénytelen érintkezni a kivonattal, míg ez a természetben a hajtás kifejlődésével már csak a gyökerekre korlátozódik (Bakacsy és mtsai. 2024). Továbbá egy növény allelokémiai anyagai együtt alkotnak egy komplex rendszert, így együtt fejthetik ki a megfelelő hatást. Ráadásul a talaj képes mind az allelokémiai anyagokat, mind pedig azok hatását is jelentősen módosítani. Például a talajrészecskékhez való kötődés, a mikrobiális lebomlás, vagy a csapadék általi kimosódás csökkentheti, vagy éppen fokozhatja azok hatékonyságát (Fekete 1981, Kruse és mtsai. 2000, Brücker és Szabó 2001). Nem meglepő, hogy egyre többször alkalmaznak ezért talajt alkalmazó allelopátia hatását vizsgáló rendszereket, azonban ezekben a gyökerek morfológiáját érdekes módon csak ritkán vizsgálják (Bakacsy és mtsai. 2024).

A rhizotron egy olyan kutatási eszköz vagy berendezés, amelyet a növények gyökérzetének tanulmányozására használnak. A rhizotronok általában átlátszó falú kamrákból vagy csövekből állnak. Így lehetővé teszik a gyökerek növekedésének, azok morfológiájának közvetlen megfigyelését és vizsgálatát akár valós időben nem invazív módon, tehát a talaj eltávolítása és így a gyökerek sérülése nélkül. A rhizotronok különféle méretekből és formákban léteznek, a laboratóriumi kisméretű rendszerektől a terepi, nagyobb léptékű eszközökig (Rewald és Ephrath 2013). A rhizotronok használata különösen hasznos a mezőgazdasági kutatásokban (Bodor és mtsai. 2024), az ökológiában (Bakacsy és mtsai. 2024), és a növényi fiziológiával kapcsolatos vizsgálatokban (Feigl és mtsai. 2019; Mészáros és mtsai. 2022), ahol a gyökérnövekedés és működés kritikus szerepet játszik. Emiatt a talajjal töltött rhizotron rendszerek alkalmazása ígéretes módszert jelenthet az allelopátiás kölcsönhatások komplex talajt alkalmazó modern vizsgálatokhoz, a talajban zajló növény-növény kölcsönhatások terén (Bakacsy és mtsai. 2024). A rhizotron rendszerek segítségével vizsgálható

az allelopátiás anyagok által kiváltott gyökérválaszok, azok a talajra gyakorolt közvetett hatásai is, amelyek befolyásolhatják a gyökérzónában található mikroorganizmusok aktivitását és a tápanyageloszlást (Bakacsy és mtsai. 2024; Bais és mtsai. 2003; Macías és mtsai. 2020). A talajjal töltött rhizotronokkal így a laboratóriumi és a természetes környezet közötti átmenetet képező rendszerek jönnek létre, amelyek alkalmazásával pontosabb adatok nyerhetők a talajban zajló növényi interakciókról (Rewald és Ephrath 2013).

2. CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásunkban két inváziós növényfaj, a közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) és a kétszínű kokárdavirág (*Gaillardia pulchella* Foug.) allelopátiás hatásainak vizsgálatát végeztük talajban, különös figyelmet fordítva arra, hogy ez mennyiben járulhat hozzá terjedésükhöz és az őshonos növényfajok kiszorításához. Első feltevésünk szerint az allelokémiai anyagok főként a teszt növény, fedélrozsok (*Bromus tectorum* L.) gyökerek növekedésére lesz negatív hatással, de ezek megnyilvánulnak majd más, földfeletti morfológiai, valamint alap biokémiai paramétereken is. Másik hipotézisünk, hogy a két inváziós faj allelopátiás hatását a talaj módosítani (csökkenteni) fogja, koncentrációfüggő módon. Azonban az allelopátiás hatású anyagok nagyobb koncentrációját már a talaj egyre kevésbé lesz képes pufferni. Ezt tehát úgy lehet majd értékelni, mint az inváziós fajok inváziójuk előrehaladtával (tömegességük növekedésével) az előzőnlött élőhelyeken is egyre jelentősebb hatásuk lesz az allelopátiás anyagaiknak. Utolsó hipotézisünk pedig az, hogy a két inváziós faj együttes anyagai erősebb gátlást fognak kifejteni a teszt növény növekedésére. Ez pedig a két faj együttes invázióját modelleznél, tömegességük azonos növekedése mellett. Ezek teszteléséhez rhizotron rendszert alkalmaztunk, ami valós idejű és nem invazív megfigyeléseket tettek lehetővé, hogy ezen keresztül meghatározzuk, milyen kémiai és biológiai interakciók zajlanak le a talajban a vizsgált fajok és egy teszt növényként használt őshonos növény, a fedélrozsok (*B. tectorum*) között.

A kutatásunk célja, hogy feltárjuk, hogyan befolyásolják a talajba jutó allelopátiás anyagok a teszt növényként alkalmazott *B. tectorum* növények gyökér- és hajtásfejlődését, és hogy ezek a hatások hogyan járulnak hozzá az inváziós fajok dominanciájának erősödéséhez. A kutatás eredményei hozzájárulhatnak az inváziós növényfajok terjedési mechanizmusainak jobb megértéséhez, és segíthetnek a fenntartható ökoszisztéma-kezelési stratégiák kialakításában, különösen a homokos és száraz élőhelyek helyreállítása terén.

Kutatásunk konkrét kérdései a következők voltak: (1) Befolyásolja-e, és ha igen, akkor hogyan és milyen mértékben jelenik meg a közönséges selyemkóró és a kétszínű kokárdavirág allelopátiás hatása a fedélrozsok növekedését tekintve, ha külön-külön és ha kombinációban vannak jelen. Azaz egyedüli és ko-invázió esetében bekövetkező fitotoxicitás értékelése volt a célunk, valamint a kétféle koncentrációval az inváziójuk előrehaladottságából következő

allelopátiás hatást is szeretnénk volna megvizsgálni. Így a kisebb koncentráció, mint a kisebb előzőnlöttségek, míg a nagyobb koncentrációk a súlyos inváziók okozta allelopátiás hatásokat modellezik. (2) Növekszik-e a két inváziós növényfaj egyedüli és együttes fitotoxicitása a *B. tectorum*-ra az invázió mértékének növekedésével? (3) Nagyobb-e a két inváziós faj együttes fitotoxicitása a *B. tectorum*-ra, mint az *A. syriaca* vagy a *G. pulchella* önmagában történő alkalmazásának esetén? E kérdések tisztázásához a tesztnövényként használt fedélrozsok hajtásának és gyökerének hosszát, mellékgyökerek számát, hajtások tömegét és levelek számát vizsgáltuk kéthetes rhizotronos nevelést követően. Ezen kívül további alap biokémiai vizsgálatokat végeztünk el annak érdekében, hogy biokémiai szinten milyen hatása lesz az allelopátának a tesztnövényre. Ehhez megvizsgáltuk mind a hajtások klorofill, mind pedig a fehérje mennyiségét.

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A kísérlet során mindkét inváziós növény levélőrleményét különböző koncentrációban (0,5 % és 5 %) adtunk általános virágföldhöz: külön-külön, valamint egyenlő arányban (1:1) keverve is. A talajkeveréket rhizotrónokba töltöttük, amelyekbe egy-egy fedélrozsok teszt növényt ültettünk. A két hétig tartó vizsgálat után megmértük a teszt növény hajtás- és gyökérhosszát, hajtástömegét és hajtásszámát.

3.1. Az alkalmazott növényi anyag és teszt növény

A közönséges selyemkóró és kétszínű kokárdavirág kifejlett növények egészséges és sértetlen föld feletti leveles hajtásait gyűjtöttük be, a Kiskunsági Nemzeti Park (Magyarország) Kolon-tói területéhez tartozó parlagokról, 2023 júniusában. Mindkét inváziós növényfaj esetében az allelopátiának jelentős szerepe lehet az inváziós sikerükben (Kazinczi és mtsai. 2004; Csiszár és mtsai. 2012, 2013, Nagy és mtsai. 2024). A gyűjtést nem mezőgazdasági területeken végeztük, hogy elkerüljük a lehetséges herbicidkezelésből adódó félrevezető hatást. A gyűjtés és feldolgozás során elkülönítettük a két faj hajtásait. A begyűjtés után, sötétben és szobahőmérsékleten megszárított levelekből őrleményt készítettünk, az ehhez használt daráló típusa Retsch SM 100 comfort volt (az SZTE GYTK Farmakognóziai Intézet tulajdona), az alkalmazott szitabetét pórusátmérője 2 mm volt.

A közönséges selyemkóró (*A. syriaca*) egy évelő, lágyszárú növény. Közép-Európában igen agresszíven terjed főként homoki gyepeken. A selyemkóró legfőképpen felhagyott mezőgazdasági területeket, nemesnyáras ültetvényeket, tarvágott vagy égett erdőket, vagy másodlagosan kialakult egyéves homoki gyepeket, például *Brometum tectorum* társulásokat özönöl el (Bagi és Bakacsy 2012; Csecserits és mtsai. 2016). E területek közös jellemzője, hogy antropogén hatások által degradálódott növénytársulások. Megjelenése elsősorban a talajfelszín megzavarásával, külső stressz okozta hatások következménye, ilyenek lehetnek például a taposás, szántás, túllegeltetés, erózió vagy éppenséggel a tápanyag felhalmozódása (Bagi és Bakacsy 2012). A zavart területek folyamatos növekedésével arányosan növekszik a selyemkóró által elfoglalt területek mérete. Ez pedig az inváziójával érintett területek regenerálódását lassítja mivel a selyemkóró igen jelentős és hosszútávon fenntartja a már

elfoglalt területek degradált állapotát. Ráadásul hatékony propagulum terjedése által könnyedén képes betörni a szomszédos növénytársulásokba, amint azon területek is valamilyen külső behatásra degradálódnak (Bagi és Bakacsy 2012). A faj igen jelentős gazdasági károk okozására is képes (Follak és mtsai. 2021). Országos gyomfelvételezés alapján mintegy nagyjából 16 ezer hektár szántóterület volt fertőzve a fajjal (Varga és Dancza 2011). A közönséges selyemkóró jelentős terméskiesést okozhat a búzában (Yenish és mtsai. 1997; Varga és Dancza 2011).

Másik vizsgált növény, a kétszínű kokárdavirág (*G. pulchella*) volt, mely az Asteraceae családba tartozik. Ez egy Észak-Amerikából származó, egyéves vagy rövid életű évelő növény. Természetes előfordulási területe az Egyesült Államok délnyugati préríjei, illetve az Öböl-parti régió. Zavart élőhelyeken is képes megélni (Stoutamire 1977), különösen napfény kedvelő, nagyon jól tűri a száraz környezetet. Világszerte dísnövényként terjed el színes, dekoratív virágzata miatt. Nagyon könnyen gondozható, nem túl igényes növény és számos talajtípuson könnyen megtelepszik, ezért is vált gyorsan közkedvelt dísnövénnyé (Hammond és mtsai. 2007; Wiersema és León 2013). Ez azt is eredményezte, hogy az Egyesült Államokban sem természetes élőhelyén fellelhető, hanem azon kívül is az ország igen nagy részén sikerült elterjednie (Hammond és mtsai. 2007). Amerikán kívül meghonosodott más területeken is, mint például Makarónézia, Dél-Afrika, Kína, Kelet-Ázsia, Délkelet- és Délnyugat-Európa, Csendes-óceáni szigeten, illetve a Karib térségben is. Európában adventív fajnak számít, főként kertészetekből dísnövényként került az említett területre a növény, viszont Közép-Európában inváziós jelleget mutat (Hansen 1976; Wiersema és León 2016). Hazánk területén az utóbbi években legfőképpen a homokos, száraz és nyílt élőhelyeken jelent meg tömegesen, például parlagokon és leginkább a védett Kolon-tó térségében (Bakacsy és mtsai. 2023; Csecserits és mtsai. 2022; Molnár és mtsai. 2019; Simon 2000). A *G. pulchella* több laboratóriumi vizsgálat által bizonyítottan számos biológiailag aktív vegyületet tartalmaz, egyes vegyületei, mint például a szeszkviterpén laktonok, citotoxikus hatásúak (Kupchan és mtsai. 1966; Inayama és mtsai. 1984). Mindezek mellett a kokárdavirág kivonata és gyökér exudátuma elpusztítja a növénykártévő fonalférgeket (Tsay és mtsai. 2004). Meglepő módon, a faj potenciális inváziós volta és változatos anyagcsere termékeinek összetétele és azok hatása ellenére ezidáig csak korlátozottan tesztelték a kokárdavirág allelopátiáját növényeken, ami a faj inváziójában betöltött szerepéről tájékoztat (Nagy és mtsai. 2024).

Tesztnövényként egy egyéves pázsitfűfajt, a fedélrozsnoke (*B. tectorum*) használtunk. Mivel az egyéves homoki gyepek egyik domináns, őshonos fűfaja a fedélrozsnoke (*Bromus tectorum*), amely Európa, Délnyugat-Ázsia és Észak-Afrika száraz gyepeiben gyakori őshonos,

szárazságtűrő egyéves növény. Gyors növekedése és korai csírázása révén jelentős szerepet játszik a talajerózió mérséklésében és a talajban található tápanyagok kihasználásában, de érzékeny az inváziós fajokkal való interakciókra, így az allelopátiás hatásokra is. A faj kiválasztását az indokolja, hogy őshonos a magyar flórában, leginkább egyéves homoki gyepekben, főként a *Brometum tectorum* társulás karakterfaja (Bölöni és mtsai. 2011). Ezekbe a gyepekbe gyakran figyelhető meg nem őshonos fajok (*A. syriaca* és *G. pulchella*) megtelepedése is, amelyek később az inváziójuk kiindulópontjaiként funkcionálhatnak. Érdemes megjegyezni, hogy a fedélrozsok problémás inváziós fajnak számít az Egyesült Államok nyugati részének és Kanada cserje-préri ökoszisztémáiban, amely uralja a bolygatott talajokat (Frost és mtsai. 2024).

A fedélrozsok termései szintén a Kiskunsági Nemzeti Park (Magyarország) Kolon-tói területéhez tartozó parlagokról, 2023 júniusában lettek begyűjtve, nem előzőnlött területekről. Felhasználásukig száraz állapotban hűtőszekrényben, 4 °C-on tároltuk, papírzacskóban.

3.2. Nevelési körülmények (alkalmazott talaj és rhizotron rendszer)

Az *in vitro* rendszerekhez előzetesen felületi sterilizált (70% (v/v (térfogat/térfogat)) etanol és 5% (v/v) nátrium-hipoklorit oldattal 1 percig) *B. tectorum* terméseket helyeztünk 2 réteg szűrőpapírra, 9 cm-es átmérőjű Petri-csészékbe. A szűrőpapírokat egyenként 5 ml tisztított és sterilizált desztillált vízzel nedvesítettük meg. Ezt követően a *B. tectorum* terméseket négy napon át 4 °C-on hűtőben előcsíráztattuk (**1. ábra**).



1. ábra A hűtőben 4 napig 4°C-on előcsíráztatott *B. tectorum* szemtermések a rhizotronba való ültetés előtt. A skála 1 cm.

Az allelopátiás vizsgálathoz Mészáros és mtsai. (2022) kísérleti elrendezését követve, 10 cm széles, 30 cm magas és 1,6 cm vastag (a földréteg vastagsága 1 cm) rhizotronokat használtunk (**2. ábra**), amelyeknek egyik fala átlátszó plexi a másik pedig fekete volt. Előzetes vizsgálatok alapján a rhizotronokban a Fülöpházáról származó homokot használva ültetőközegként, ahol a tesztnövények gyökerei nem látszódtak megfelelően, ezért a vizsgálathoz FLORIMO általános virágföldet használtunk (Matécsa Gardening Ltd., Hungary). Az alkalmazott általános virágföldnek pH értéke $6,4 \pm 0,5$, szervesanyag tartalma 70 m/m %, K_2O 0,3 m/m % (min. 3000 mg/kg), P_2O_5 0,1 m/m % (min. 1000 mg/kg), N 1,0 m/m % (min 10000 mg/kg) volt. A földet teljes sterilizálás céljából 2 hétig $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ fokon hűtőben tároltuk. A megfelelő talajszerkezet kialakítása céljából a virágföldhöz 20 %-ban homokot kevertünk.



2. ábra Egy 14 napos *B. tectorum* kontroll növény befotózva, rhizotronban. A skála kisebb beosztásai 1 cm-ek.

A kezeléseknél két koncentrációban adtuk az adott növényörleményeket a talajkeverékhez 0,5 % és 5 % (w/w), és kézi keveréssel lettek homogenizálva. A kísérletünkben 1500 g talajkeverékkel számolva 7,5 g (0,5 %) és 75 g (5 %) növényi anyag volt hozzáadva.

Beállításunkban a selyemkóró és a kokárdavirág örleményeket külön-külön is alkalmaztuk, valamint azok fele-fele arányú keverékét is. Utóbbira azért volt szükség, hogy kiderítsük a két faj együttes inváziója milyen hatást gyakorolhat a tesztnövényre, mivel a selyemkóró és a kokárdavirág egymás közelében is előfordul mind azok őshonos, mind pedig azok inváziós területeiken egyaránt (Bakacsy és mtsai. 2023). A koncentrációk százalékos beállításai megfelelnek Csiszár és mtsai. (2012) által alkalmazott koncentrációkkal.

Az ültetés előtti napon a rhizotronokba átlagosan 200 g földkeveréket töltöttünk, melynek kezdeti víztartalma körülbelül 70% körül volt (Mészáros és mtsai. 2022). Ezt követően minden rhizotron talajfelszínére egy, már kicsírázott *B. tectorum* tesztnövény szemtermését helyeztünk el. A beültetést követő 48 órában átlátszó fóliával voltak lefedve a rhizotronok a fiatal növényekkel, ezzel megakadályozva azoknak kiszáradását. A kísérletünk teljes időtartama két hétre terjed ki, ezen idő alatt pedig minden második napon a növények 10 ml desztillált vízzel lettek megöntözve. A kéthetes időszak alatt a rhizotronok üvegházi körülmények között voltak tartva (**3. ábra**). Az üvegház beállításai a következők voltak: 12 órás nappali és éjszakai fényciklus, a besugárzás mértéke 41,1 W/m² volt, 199,6 μmol/m²/s fotonfluxus-sűrűség és 9680 lux megvilágítás mellett, melyeket a SpectraPen MINI (PSI, Drásov, Csehország) mérőeszköz segítségével határoztunk meg. A hőmérséklet nappal 24°C, éjszaka pedig 22°C volt, a relatív páratartalom pedig 55 - 60 % között volt beállítva átlagosan.

3.3. Dokumentációs módszerek

A 14 napos növekedési periódus után a növényeket beszkeneltük (Czur Shine 800 Pro, Czur Tech Co. Ltd., Dalian, Kína). Ezt követően a beolvasott képeken Fiji (ImageJ) szoftverrel (Schindelin és mtsai. 2012) lettek kielemezve a tesztnövények alábbi morfológiai jellemzőit: Hajtás morfológia esetében a hajtás hossza (gyökérnyaktól az utolsó levélig mérve, cm-ben). Valamint a növények gyökér morfológiájának mérésre is sor került: gyökök hossza (cm). Nem szoftveresen, a hajtások esetében azok tömege és a levelek száma (db) is meghatározásra kerültek.

3.4. Statisztikai kiértékelés

A bemutatott adatok három független kísérlet átlagértékei, mindegyik ismételtsben 5 párhuzamost alkalmazva teszteltük, hogy kifejeződik-e a két inváziós faj allelopátiás hatása talajban, azokat külön-külön és keverékként is alkalmazva. A statisztikai elemzést a GraphPad Prism for Windows szoftver 8.0.1.244 verziójával végeztük (GraphPad Software, La Jolla, CA, USA). A minták normál eloszlását Shapiro-Wilk teszttel vizsgáltam. A statisztikailag szignifikáns különbségeket one-way ANOVA-val, normál eloszlás esetén Tukey-teszt alkalmazásával, nem normál eloszlás esetén pedig Kruskal-Wallis teszttel határoztuk meg. Az eredményeket $p \leq 0,05$ -től tekintettük szignifikánsnak.

3.5. Biokémiai vizsgálatok

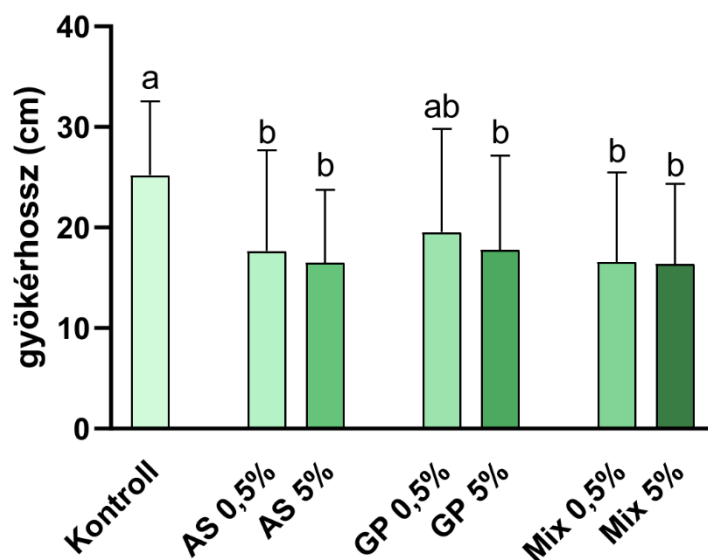
A pigment méréshez először minden kezelés fagyasztott hajtás mintáiból 20 mg került kimérésre (minden kezelés esetén 3 párhuzamossal dolgozunk), amelyeket 2x500µl 95%-os etanollal dörzsöltünk el. Eppendorf centrifugában (Eppendorf 5424R, Eppendorf GMBH, Németország) 10 percig 12000 RPM-en centrifugáltuk, ezután a minta felülúszóját microplate-re vittük fel (egy minta további 3 helyet foglalt a plate-en, így 9-es mintaszámmal dolgozunk a mérés folyamán). A mérést a plate reader segítségével (Synergy HTX lemezolvasó, BioTek Instruments, Winooski, VT, USA) elvégeztük az alábbi hullámhosszokon: 664; 648; 470; 534; 643 és 661 nm-en. A mért eredményekből kapott excel fájlból számoltuk ki a pigment mennyiségét és állítottunk belőle statisztikát.

Az oldható fehérjét 100 mg fagyasztott mintából vontuk ki. A homogenizálást Bradford-módszerrel végeztük (Bradford 1976). A mintákat jéghideg foszfát pufferben (KH_2PO_4 és Na_2HPO_4 , 50 mM, pH 7,0) dörzsöltük, és Eppendorf centrifugában (Eppendorf 5424R, Eppendorf GMBH, Németország) centrifugáltuk 12 percig 4 °C-on. A felülúszót használtuk a teljes oldható fehérjetartalom mérésére. A vizsgálatához műanyag küvettákat használtunk, melyekbe 900µl steril vizet, 100µl Bradford-reagenst és 5µl kivonatot mértünk be, majd parafilm segítségével egyneműsítettük. A minták abszorbanciáját fotométer (Uvikon XL, Secomam, Franciaország) segítségével 595 nm-en lemértük, majd a kapott adatokból kiszámoltuk a hajtásokban található fehérje mennyiségét.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Morfológiai mérések eredményei

A 14 napnyi nevelés után a *Bromus tectorum* gyökérhosszában a kontrollhoz képest több kezelés esetén is szignifikáns eltérés volt megfigyelhető, kivéve a kontroll és a kokárdavirág 0,5 %-os kezelés között ($p = 0,0826$). A kontroll és a kokárdavirág 5 %-os kezelés között nem mutatkozott szignifikáns eltérés ($p = 0,0035$; **3. ábra** és **1. táblázat**). A selyemkóróval kezelt tesztnövények mindkét vizsgált koncentrációban mutattak szignifikanciát. Az *A. syriaca* 0,5 %-os kezelés esetén ez $p = 0,0024$ szintű volt, míg az 5 %-os kezelés esetében pedig még jelentősebbnek bizonyult a hatás, $p = 0,0002$ (**3. ábra** és **1. táblázat**). Ezen eredmények alapján egyértelműen meghatározható, hogy a selyemkóró magasabb koncentrációban alkalmazva erősebb allelopátiás hatás kifejtésére képes önmagában. A keverék alkalmazása esetén is megfigyelhető volt a szignifikancia az eredmények alapján.



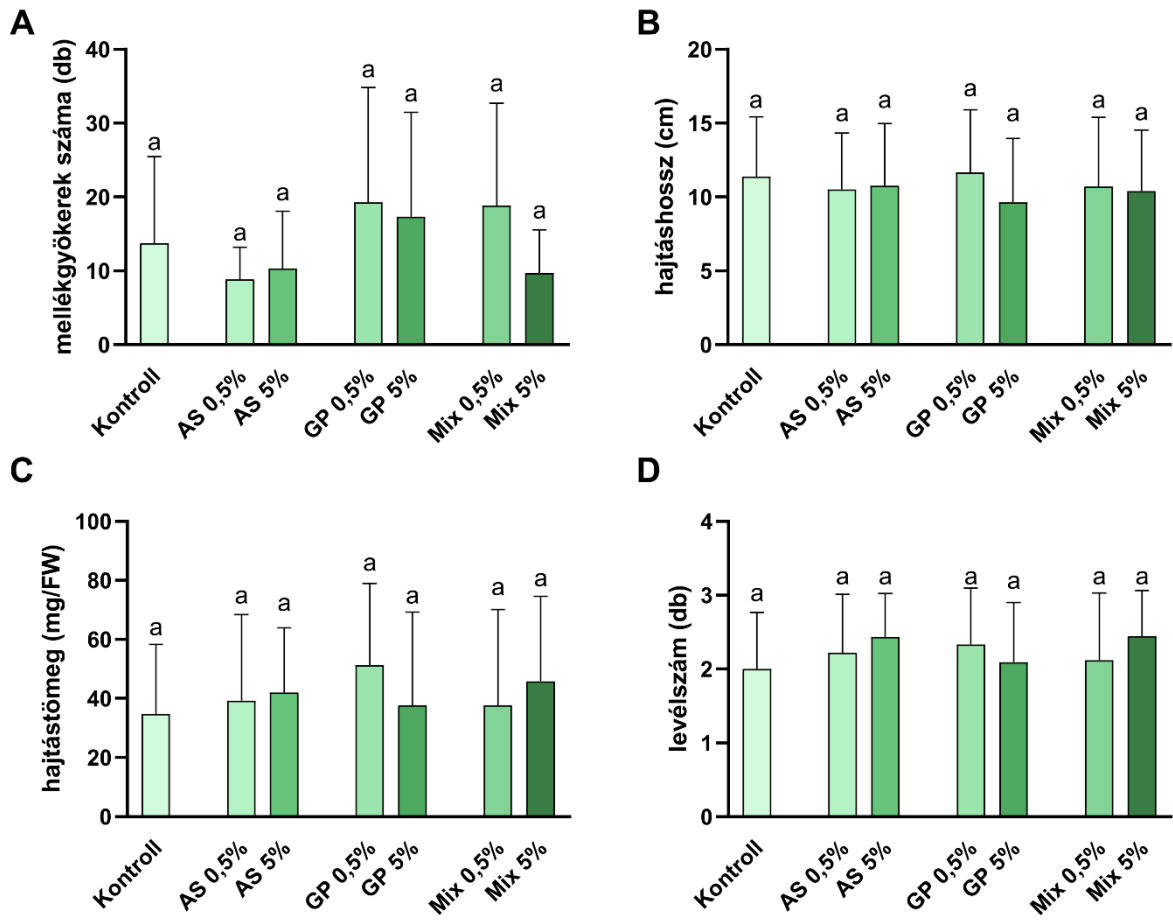
3. ábra A 14 napos *B. tectorum* gyökérhossza az allelopátiás hatás függvényében, amelyet a két inváziós növényfaj lelővörleményének különböző koncentrációiban történő alkalmazása okozott. A grafikonon az AS - az *A. syriaca*-val történő kezelést, a GP - a *G. pulchella*-val való kezeléseket jelentik, a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékként való alkalmazását jelölik. One-way ANOVA tesztet használtunk, nem normál eloszlás esetén Kruskal-Wallis teszt alapján ($p \leq 0,05$; átlag $\pm$ SD formájában vannak megadva, $n=25$).

A továbbiakban vizsgált paraméterek esetén egyik esetben sem tudunk megfigyelni szignifikáns eltérést. A mellékgyökérszám vizsgálatánál a selyemkóróval való kezelés esetén a kontrollhoz képest kevesebb, míg a kokárdavirág alkalmazásnál több mellékgyökérszám volt megfigyelhető (mindkét esetben $p \geq 0,9999$; **4. A ábra** és **1. táblázat**). A keverékkel történő kezelések vizsgálata esetében pedig megfigyelhető, hogy a magasabb koncentrációban való alkalmazás negatívabb hatással volt a mellékgyökerek megjelenésében ($p \geq 0,9999$; **4. A ábra** és **1. táblázat**).

A hajtáshossz vizsgálatában a 0,5 %-os kokárdavirág kezelés esetében enyhe növekedés tapasztalható nem csak a többi kezeléshez, de még a kontroll hajtáshosszaihoz képest is, míg az 5 %-os kétszínű kokárdavirágos kezelés esetén negatívabb hatás figyelhető meg, mint a többi kezelés esetén ($p \geq 0,9999$ és $p = 0,6953$; **4. B ábra** és **1. táblázat**). Továbbá érdekes megfigyelni, hogy ugyan a selyemkóróval történt kezelések sem mutatnak szignifikanciát egyik koncentrációban sem, azonban egymáshoz viszonyítva az általuk kifejtett negatív hatás a hajtáshosszra közel azonosnak mutatkozott ($p = 0,1736$). A kevert kezelések egyik koncentrációban sem mutattak szignifikáns hatást ($p \geq 0,9999$; **4. B** és **1. táblázat**).

A hajtástömeg esetében jól látható, hogy a különböző kezelés esetében egyiknél sem volt megfigyelhető negatív hatás (**4. C ábra**) az alkalmazott koncentrációknak ($p \geq 0,9999$). Sőt, inkább úgy tűnt, hogy pozitívabban befolyásolták a hajtások tömegét, ami főleg a kokárdavirág 0,5 %-os és az inváziós fajok keverékének 5%-os alkalmazásánál szembetűnő (**4. C** és **1. táblázat**).

A fedélrozsok leveleinek számának vizsgálata esetén sem mutatkozott meg egyértelmű szignifikancia egyik kezelés esetében sem a kontroll csoporthoz képest. Azonban ahogy a hajtások tömegének vizsgálatánál is megfigyelhattuk, úgy a levélszám esetén is elmondható, hogy negatív allelopátiás hatás nem figyelhető meg (**4. D** és **1. táblázat**) egyetlen kezelésnél sem (a p -értékek a levélszámok esetében is mindig $\geq 0,9999$ volt). Azonban itt nem voltak annyira kiugró értékű kezelések, mint a hajtástömegek esetén.



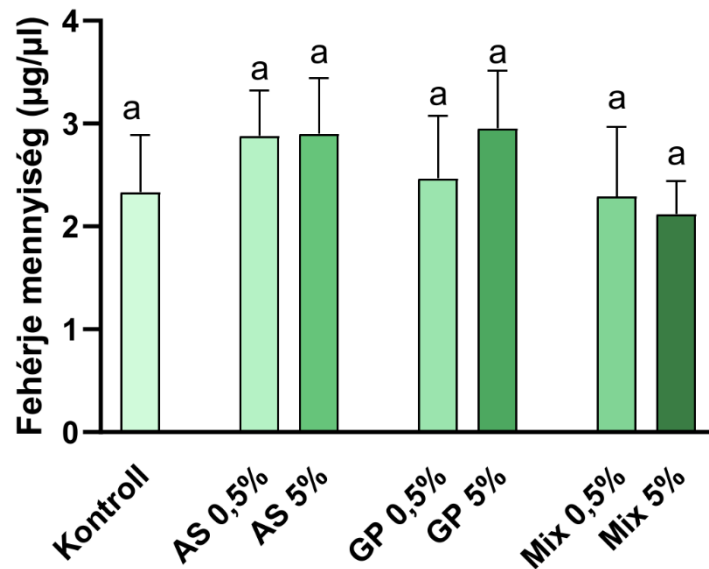
4.ábra A 14 napos *B. tectorum* morfológiai vizsgálatainak eredménye az allelopátiás hatás függvényében, amelyet a két inváziós növényfaj lelévörleményének különböző koncentrációban történő alkalmazása okozott. A) a mellékgyökerek száma (db), B) a hajtások hossza (cm), C) a hajtások tömege (mg), D) pedig a levelek számát (db) ábrázolja. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP – a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. One-way ANOVA tesztet használtunk, nem normál eloszlás esetén Kruskal-Wallis teszt alapján ($p \leq 0,05$; átlag $\pm$ SD formájában vannak megadva, $n=25$).

1. táblázat A vizsgált morfológiai paraméterek adatainak összefoglaló táblázata. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP - a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. Az eredmények Átlag $\pm$ SD-ben vannak megadva.

Kezelés	Gyökérhossz	Hajtáshossz	Hajtástömeg	Levélszám	Mellékgyökér
Kontroll	25,23 $\pm$ 7,33	11,38 $\pm$ 4,048	34,72 $\pm$ 23,69	2,000 $\pm$ 0,7638	13.71 $\pm$ 11.75
AS 0,5 %	17,69 $\pm$ 10,02	10,51 $\pm$ 3,821	39,22 $\pm$ 29,20	2,217 $\pm$ 0,7952	8.850 $\pm$ 4.368
AS 5 %	16,53 $\pm$ 7,262	10,76 $\pm$ 4,220	42,05 $\pm$ 21,88	2,435 $\pm$ 0,5898	10.30 $\pm$ 7.772
GP 0,5 %	19,55 $\pm$ 10,25	11,67 $\pm$ 4,218	51,30 $\pm$ 27,61	2,333 $\pm$ 0,7614	19.32 $\pm$ 15.53
GP 5 %	17,79 $\pm$ 9,386	9,640 $\pm$ 4,332	37,68 $\pm$ 31,63	2,091 $\pm$ 0,8112	17.33 $\pm$ 14.12
Mix 0,5%	16,58 $\pm$ 8,944	10,71 $\pm$ 4,682	37,74 $\pm$ 32,36	2,118 $\pm$ 0,9134	18.84 $\pm$ 13.85
Mix 5 %	16,38 $\pm$ 7,986	10,41 $\pm$ 4,137	45,84 $\pm$ 28,72	2,444 $\pm$ 0,6157	9.667 $\pm$ 5.883

4.2. Alap biokémiai mérések eredményei

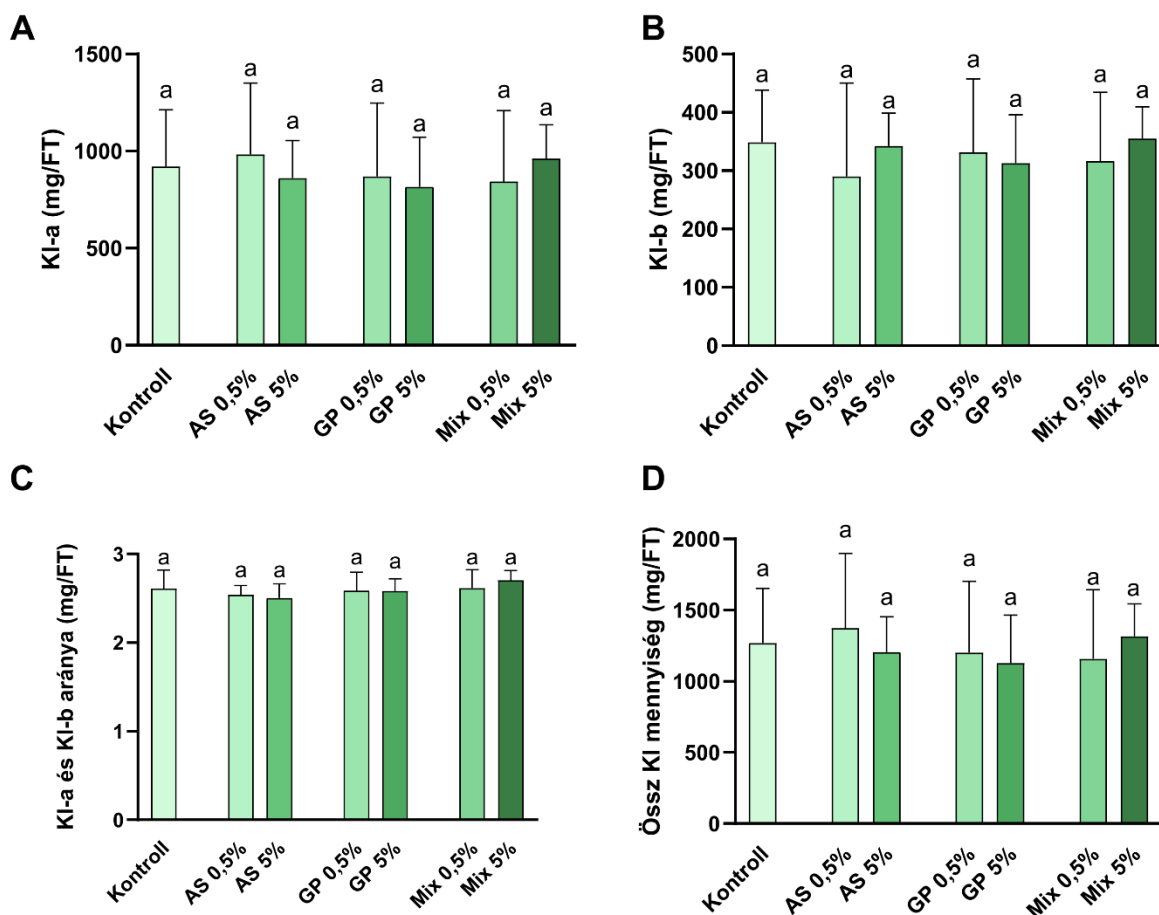
A fedélrozsok hajtásain végzett fehérje mennyiség mérései nem mutattak szignifikáns eltérést a kontroll csoporthoz képest (**5. ábra**). Összességében elmondható, hogy negatív hatás a kevert kezelése kivételével nem volt megfigyelhető. A selyemkóróval való kezelés esetében koncentrációs különbség nem mutatkozik meg a kifejtett hatás függvényében, közel azonos hatást tudunk megfigyelni ($p = 0,3345$; $p = 0,2914$; **5. ábra** és **2.táblázat**). A kokárdavirág esetében szintén megmutatkozott a koncentrációfüggés, szintén a magasabb koncentráció alkalmazása esetében volt erősebb hatás megfigyelhető ($p = 0,9983$; $p = 0,1979$). A kevert kezelése a kontrollhoz képest kisebb negatív hatást mutatnak, az alkalmazott koncentrációk között minimális különbség látható ($p \geq 0,9999$), hogy a nagyobb koncentráció esetében negatívabb eredmény született ($p = 0,9806$).



5. ábra A 14 napos *B. tectorum* hajtásainak fehérje tartalma (µg/µl) az allelopátiás hatás függvényében, amelyet a két inváziós növényfaj lelévörleményének különböző koncentrációiban történő alkalmazása okozott. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP - a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. Az adatok átlag ± SD formájában vannak megadva, n = 9.

A hajtáson végzett klorofill mérés azt mutatta, hogy sem a klorofill-a, klorofill-b esetén nem figyelhető meg szignifikancia (**6. A és B ábra**). A klorofill-a és klorofill-b arányai, illetve az össz klorofill mennyiség esetében sem figyeltünk meg szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest (**6. C és D ábra**). A klorofill-a mennyiségi vizsgálatánál a kokárdavirággal történő kezelés esetében sem pozitív, sem negatív hatás nem volt megfigyelhető ($p = 0,9998$; $p = 0,9888$; **6. A és 2. táblázat**). A selyemkóróval való kezelésnél kevesebb mennyiségű klorofill-a-t mértünk, míg a kevert kezelés esetében a kontrollhoz képest minimálisan nagyobb mennyiséget sikerült detektálnunk. A klorofill-b esetében a selyemkóró 0,5%-os kezelés esetében mutatkozott meg kisebb eltérés a kontrollhoz képest ($p = 0,8972$), a kokárda virág $p = 0,9998$; $p = 0,9908$) és a kevert kezelés esetében ($p = 0,9946$; $p \geq 0,9999$) gyengébb hatás volt megfigyelhető. Az inváziós növényekkel való kezelés mind a klorofill összmenyiségére, mind pedig a klorofill arányra nem mutat jelentős változást. Mennyiségbeli változás is igen kis mennyiségben volt megfigyelhető (**6. C és 6. D ábra**). A klorofill-a és klorofill-b mennyiségének arányában, ahogy az ábrán is jól látható (**6. C ábra**) a kokárdavirággal való kezelés esetén semmilyen mennyiségi elmozdulás nem történt. A selyemkóró esetében minimálisan kevesebb, a kevert kezelés esetében pedig a kontrollhoz képest enyhe mennyiségi

növekedés figyelhető meg. Az össz klorofill mennyiség esetében a selyemkóró 0,5%-os és a kevert 5%-os kezelés esetén mennyiségi növekedés volt megfigyelhető (6. D ábra), a további kezelések esetén klorofill mennyiségi csökkenése minimális mennyiségben volt látható.



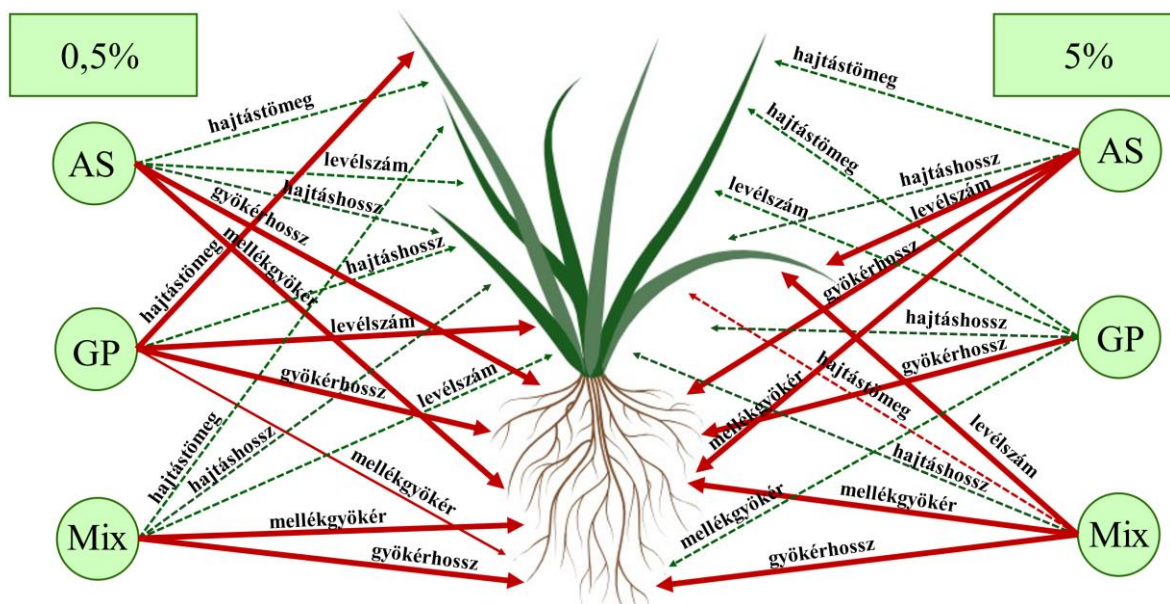
6.ábra A 14 napos *B. tectorum* hajtásainak klorofill tartalma (mg/friss tömeg) az allelopátiás hatás függvényében, amelyet a két inváziós növényfaj lelévörleményének különböző koncentrációban történő alkalmazása okozott. A) a klorofill-a, B) a klorofill-b, C) a klorofill-a és b arányát, D) pedig az összes klorofill mennyiséget ábrázolja mg/friss tömegben. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP - a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. Az adatok átlag $\pm$ SD formájában vannak megadva, n = 9.

2. táblázat Az alap biokémiai paraméterek adatainak összefoglaló táblázata. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP - a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. Az eredmények Átlag $\pm$ SD-ben vannak megadva.

Kezelés	KI-a	KI-b	KI-a/b arány	össz KI	Fehérje
Kontroll	920.62 $\pm$ 292.908	348.38 $\pm$ 89.751	2.609 $\pm$ 0.2119	1269.002 $\pm$ 382.277	2.33 $\pm$ 0.5576
AS 0,5 %	982.094 $\pm$ 367.3	389.963 $\pm$ 159.99	2.541 $\pm$ 0.1035	1372.0584 $\pm$ 527.197	2.88 $\pm$ 0.4397
AS 5 %	861.236 $\pm$ 192.772	342.188 $\pm$ 56.224	2.502 $\pm$ 0.162	1203.425 $\pm$ 248.297	2.92 $\pm$ 0.537
GP 0,5 %	869.529 $\pm$ 375.576	331.174 $\pm$ 126.222	2.585 $\pm$ 0.211	1200.704 $\pm$ 501.461	2.468 $\pm$ 0.607
GP 5 %	815.132 $\pm$ 255.408	312.894 $\pm$ 83.225	2.582 $\pm$ 0.139	1128.026 $\pm$ 338.593	2.956 $\pm$ 0.558
Mix 0,5%	841.803 $\pm$ 366.135	316.203 $\pm$ 118.278	2.61 $\pm$ 0,207	1158.006 $\pm$ 484.331	2.29 $\pm$ 0.677
Mix 5%	961.197 $\pm$ 173.632	354.655 $\pm$ 54.806	2,703 $\pm$ 0,111	1315.852 $\pm$ 227.841	2.12 $\pm$ 0.323

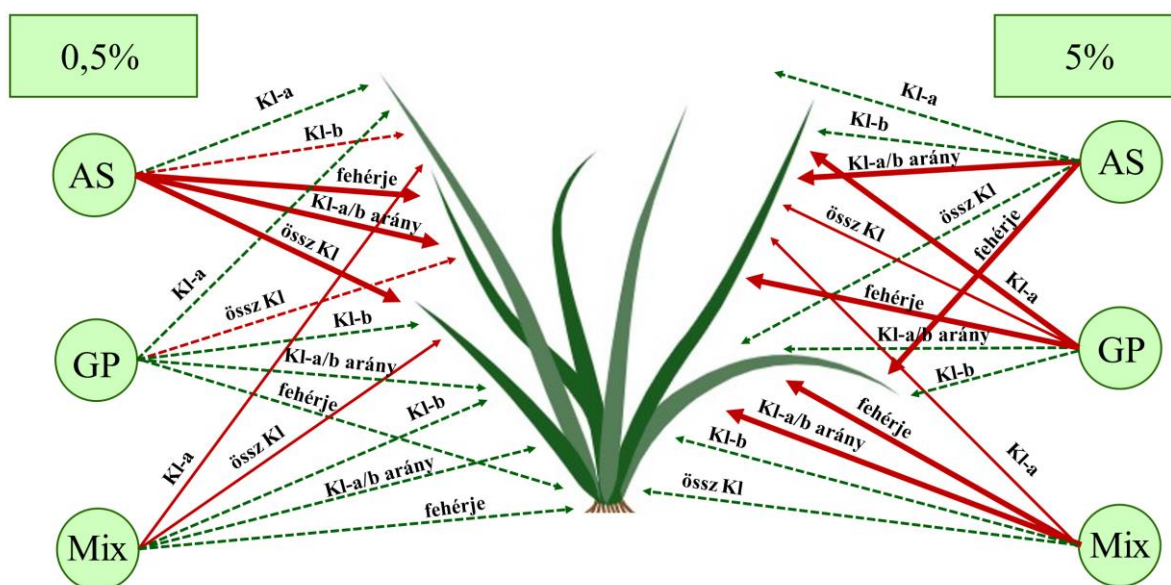
4.3. Eredmények összefoglalása

Az alábbi plexusgráfon (**7. ábra**) jól látható, hogy minden kezelés esetében az alkalmazott koncentrációk negatív hatással vannak a gyökéren mért morfológiai paraméterekre és csak az 5 %-os kokárdavirággal való kezelés esetén nem figyelhető meg negatív hatás a mellékgyökérszámba, ha csak a kontrollhoz viszonyítva történik az elemzés. A hajtáshossz vizsgálatának esetében elmondható, hogy egyik kezelés esetén sem figyelhető meg negatív hatás (**7. ábra**). A selyemkóróval történt kezelés esetén a magasabb koncentráció alkalmazása esetében a levélszámnál tapasztaltunk negatívabb hatást. A kokárdavirág 0,5%-os kezelése mind a levélszámban és a hajtástömegben negatív allelopátiát mutatott (**7. ábra**), az 5% alkalmazásánál elmondható, hogy negatív hatás nem volt megfigyelhető, amennyiben a kontroll csoporthoz viszonyítunk. A kevert kezelés esetében a magasabb koncentráció esetében a (hajtáshossz kivételével) figyelhattunk meg negatív allelopátiát (**7. ábra**)



7. **ábra** A különböző kezelések (egy-egy inváziós faj allelopátiája és mindkét inváziós faj alleloptájának) a *B. tectorum* morfológiai paramétereire való hatása (hajtáshossz, hajtástömeg, levélszám, gyökérhossz és a mellékgyökerek száma) alapján létrehozott plexus gráf. Az élek zöldes, ha a kezelés értéke meghaladja a kontroll értékét, míg pirosak, ha alacsonyabbak annál. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP – a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix - az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. A plexus gráf létrehozásához t-tesztet lettek kiszámítva a kontrollhoz képesti szignifikancia szintek, az ábrázolása pedig ppt-ben (Microsoft PowerPoint) történt. Az élek szaggatottak, ha $p \leq 0.05$ ami gyengébb hatásra utal, folytonosak, ha $p \leq 0.01$ ami erősebb hatásra utal, és vastagabb folytonosak, ha $p \leq 0.001$ ami nagyon erős hatásra utal.

Az alap biokémiai paraméterek esetében összességében elmondható, hogy a morfológiai vizsgálatokhoz képest kevesebb negatív hatás figyelhető meg az alkalmazott kezelések esetében (8. **ábra**). A selyemkóróval való kezelés kivételével elmondható, hogy a magasabb koncentráció alkalmazása több negatív hatást eredményezett a tesztnövényen. A fehérje és az össz klorofill mennyiségek esetén figyelhettük meg nagyobb mennyiségben az alkalmazott kezelések negatív hatásait (8. **ábra**). A fehérje mennyiségi vizsgálatánál csak a kokárdavirág és a kevert kezelés, mindkettő 0,5%-os koncentrációban való alkalmazásánál nem láttunk negatív eltérést a kontrolltól. Az össz klorofill esetében pedig a selyemkóró és a kevert kezelés, mindkettő az 5%-ban való alkalmazás esetén nem mutatott negatív allelopatikus hatást. A klorofill-b mennyiségében negatív változást csak az alacsonyabb koncentrációban alkalmazott selyemkórós kezelés esetén figyeltünk meg (8. **ábra**). A klorofill-a mennyiségi vizsgálatánál elmondható, hogy negatív hatást a kokárdavirág 5%-os és a kevert kezelések mindkét koncentrációban való alkalmazása esetén figyeltünk meg negatív hatást.



8. ábra Allelopátia hatása az alap biokémiai paraméterekre a különböző kezelések (egy-egy inváziós faj allelopátiája és mindkét inváziós faj alleloptájának) a *B. tectorum* alap biokémiai paramétereire való hatása (klorofill-a, klorofill-b, klorofill-a és b aránya, összklorofill és a fehérje mennyiség) alapján létrehozott plexus gráf. Az élek zöldiek, ha a kezelés értéke meghaladja a kontroll értéket, míg pirosak, ha alacsonyabbak annál. Az AS - az *A. syriaca*-val történő kezeléseket, a GP - a *G. pulchella*-val való kezeléseket, míg a Mix – az *A. syriaca* és a *G. pulchella* 1:1 arányú keverékével való kezeléseket jelölik. A plexus gráf létrehozásához t-tesztel lettek kiszámítva a kontrollhoz képesti szignifikancia szintek, az ábrázolása pedig ppt-ben (Microsoft PowerPoint) történt. Az élek szaggatottak, ha $p \leq 0.05$ ami gyengébb hatásra utal, folytonosak, ha $p \leq 0.01$ ami erősebb hatásra utal, és vastagabb folytonosak, ha $p \leq 0.001$ ami nagyon erős hatásra utal

6. DISZKUSSZIÓ

Vizsgálataim középpontjában az allelopátia kifejeződése volt a koncentráció függvényében, melynek kimutatásához két inváziós növényfajt használtam az általam nevelt *B. tectorum*-ra, amelyet rhizotron rendszerben vizsgáltam, 14 napon keresztül. Az invázió kifejeződésének a mértékének a megállapításához tesztnövények hajtás (hossz, tömeg, levélszám) és gyökérmorfológiájában bekövetkező változások alapján figyeltünk meg. Az eredmények azt mutatták, hogy az *A. syriaca* közvetlenebb és erősebb hatást gyakorolt a fedélrozsokra, míg a *G. pulchella* inkább közvetett módon és koncentráció függően befolyásolta a növekedést. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy mindkét inváziós faj hatással lehet a zavart homokgyepek regenerációs folyamataira és a tápanyag-elérhetőségre, így ezen fajok kezelése és ökológiai hatásaik további vizsgálata elengedhetetlen a természetes élőhelyek zavartalan regenerációjához.

Blank és Morgan (2012) szintén rhizotronos rendszerben vizsgálta az általam is használt *B. tectorum*-ot. Kísérleteik az évelő pázsitfűvek által okozott kiszorító (vagy kompetíciós) hatásra koncentrált a fedélrozsok esetében. Eredményeik alapján inkább a hajtásmorfológiában következett be jelentősebb eltérés a verseny nélkül nevelt *B. tectorum* esetén. Ezzel szemben az általunk vizsgált inváziós fajokkal való kezeléseknél a hajtásokban enyhébb negatív hatások voltak megfigyelhetők például a hajtáshossz vizsgálatánál a *G. pulchella*-val történő 5%-os kezelések esetén, amely alapvetően egy egyéves növény, viszont kedvező körülmények esetén rövid életű évelő növényként van jelen az érintett területen. További vizsgálataink eredményeként a kokárdavirággal történő kezelés esetén a hajtástömegben ugyan nem szignifikáns, de átlagosan kisebb hajtástömeg növekedést tapasztaltunk. Ugyan a kokárdavirággal való kezeléseink erősítik Blank és Morgan (2012) példáit is, miszerint az évelő növények kiszorítják a *B. tectorum*-ot, azonban másik vizsgálati növényünk, az *A. syriaca* (mint évelő növény) esetében nem mondható el ugyanez. Ez által nem jelenthető ki egyértelműen az, hogy az allelopátia összefüggésben lenne azzal, hogy az inváziós faj milyen életforma típusba sorolható (például évelő vagy egyéves), ennek kiderítéséhez további vizsgálatokra lenne szükségünk.

Bakacsy és mtsai. (2024) ugyancsak rhizotronos vizsgálatot végeztek két inváziós növény, köztük a selyemkóró allelopátiás hatásának tanulmányozása céljából repce

(*Brassica napus* L.) korai egyedfejlődésre (beleértve gyökér és hajtás morfológiáját). Eredményeik azt mutatták, hogy a selyemkóró 0,5%-os levél őrleménye a talajba keverve nem mutatott jelentős hatást. Ezzel szemben az 5%-os levél őrlemény alkalmazása már szignifikánsan csökkentette a repce hajtás és gyökér morfológiai jellemzőit. Hasonlóan a vizsgálatunkhoz a selyemkóró 5%-os őrleménye egyértelmű negatív hatást gyakorolt az egyszikű *B. tectorum* gyökérhosszára, míg nem volt kimutatható hatása a földfeletti részeinek növekedésére, így a hajtás tömegre, hajtások hosszára és levelek számára sem. Ez arra utalhat, hogy az őshonos fajok, eltérő érzékenységgel rendelkezhetnek a selyemkóró allelopátiás anyagaival szemben, esetleg egy- és kétszikű szinten is lehetnek különbségek. Ezt erősítheti Bieberich és mtsai. (2018) vizsgálatának eredményei is, amiben az inváziós az *Impatiens glandulifera* Royle allelopátiás anyagai negatív hatással voltak az összes vizsgált faj növekedésére, azonban ez fajtól és a növény fejlődési szakaszától függően eltért. Így például a *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. volt a legkevésbé érzékeny, míg az *Urtica dioica* L. pedig a leginkább, és a csíranövények kevésbé voltak érzékenyek, mint a fiatal növények. Ezen túlmenően arra is lehet ezekből következtetni, hogy a faj erősebb vagy előrehaladottabb inváziójakor (sűrű állományok esetén) erősebb a faj allelopátiás hatása, míg gyengébb vagy az invázió kezdetén mikor a hajtások kevésbé sűrűek az allelopátia még nem okoz hatást a növények fejlődésére. Természetvédelmi kezelések szempontjából tehát fontos lehet a selyemkóró hajtások ritkítása, mert az segítheti az őshonos fajokat megvédeni nem csak a hajtások leárnyékoló hatásától, de a lehulló levéltömegből felszabaduló allelopátiás hatású anyagoktól is.

A kétszikű kokárdavirág vizes kivonatának allelopátiás hatását elsőként kutatócsoportunk mutatta ki olajrepce korai egyedfejlődésére *in vitro* körülmények között (Nagy és mtsai. 2024). Ennek eredményei azt mutatják, hogy a faj koncentrációfüggő módon lassította a csírázást, valamint csökkentette a főgyökerek növekedését miközben fokozta a hajtások megnyúlását. A jelen vizsgálatban részben ezeket sikerült kimutatni: A *B. tectorum* gyökérmegnyúlását szignifikánsan gátolta mindkét koncentrációjú kokárdavirág kezelés, ezek között azonban lényeges különbség nem volt tapasztalható. A hajtáshosszakon enyhébben, de a hajtástömegben jobban tapasztalható egy nem szignifikáns növekedés, amit a 0,5%-os kezelés esetében következett be.

A két inváziós faj őrleményét együtt alkalmazva a következő tendenciákat lehetett megállapítani: A gyökérmorfológiai paraméterek esetében arra számítottunk, hogy magasabb koncentráció alkalmazása esetén itt is erősebb allelopátiás hatás alakul ki, viszont az eredmények a gyökérhosszak esetében közel hasonló erősségű szignifikáns hatást mutattak az

0,5 %-os koncentráció alkalmazása esetén, aminél $p \leq 0,0001$ volt, és a magasabb, 5%-os koncentráció esetén is, ahol $p = 0,0002$ volt a szignifikancia értéke. Ezek alapján az állapítható meg, hogy a fajok együttes inváziójakor erősebb hatás lép fel, de úgy tűnik, hogy az nem függ a koncentrációtól, azaz a két inváziós faj azonos mértékű tömegességük esetén. A gyökér- és hajtáshosszakat egységesen mindkét koncentráció esetében negatívan befolyásolta, azonban csak a gyökérhosszak esetében volt kimutatható szignifikánsan. A hajtástömeg és a levélszám esetében az 5%-os kezelés enyhe növekedést indukált nem szignifikánsan. Ennek hátterére azonban nehéz egyelőre magyarázatot találni, mindenképpen érdemes lenne több koncentrációt is alkalmazni ennek tisztázására. Például érdekes eredmények származhatnak abból, ha nem csak a jelenleg vizsgált két koncentrációval dolgozunk, hanem esetleg több, erősebb koncentrációkkal is végzünk kísérleteket. Ezekkel talán meggyőzőbb eredményeket kaphatnánk az allelopátia mértékéről, illetve arról, hogy természetes közegben az inváziós növények jelenlétének mértéke és együtt fellépő inváziójuk mennyire képes kiszorítani az őshonos növényfajokat a két faj allelopatikus hatása.

A biokémiai paraméterek (fehérje-, klorofill mennyiség) vizsgálata esetében az alábbi megállapításra jutottunk: A fehérje vizsgálat nem mutatott szignifikáns eltérést, viszont minimális mennyiségbeli eltérést megfigyelhattunk. A klorofill vizsgálatok esetében arányaiban a klorofill-a és klorofill-b mennyisége a kontrollhoz képest minden kezelésre tekintve szinte azonos, így változás egyáltalán nem látható. Az össz klorofill mennyiségét tekintve a 0,5%-os selyemkóróval való kezelés és az 5%-os kevert kezelésnél minimális mennyiségi növekedés volt megfigyelhető. Az irodalomban ilyen fajta vizsgálatokra még nem került sor, leginkább csak utalás vagy találgatás szerűen, hogy közvetetten kihathat ezekre is, mivel a vizsgált inváziós növényeink (*A. syriaca* és *G. pulchella*) ismerten kihatnak a hajtás morfológiájára. Érdemes lenne további vizsgálatokat folytatni ezzel kapcsolatosan, hogy biokémiai szinten miként hatnak ezen fajok más, őshonos növényekre.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Bakacsy, L., Kardos, L. V., Szepesi, Á., Nagy, K. N., Vasas, A., Feigl, G. 2024. Investigation of the allelopathic effect of two invasive plant species in rhizotron system. *Life*, 14(4), 475.
- Bakacsy, L., Sípó, L., Barta, A., Stefkó, D., Vasas, A., & Szepesi, Á. (2022). Concentration-dependent effects of effusol and juncusol from *Juncus compressus* on seedling development of *Arabidopsis thaliana*. *Scientific Reports*, 12(1), 13870.
- Bakacsy, L., Tobak, Z., Van Leeuwen, B., Szilassi, P., Biró, C., Szatmári, J. 2023. Drone-based identification and monitoring of two invasive alien plant species in open sand grasslands by six RGB vegetation indices. *Drones*, 7(3), 207.
- Bagi, I. 1990. The vegetation map of the Szappan-szék UNESCO biosphere reserve core area, Kiskunság National Park, Hungary. *Acta Biol. Szeged*, 36, 27-42.
- Bagi, I., Bakacsy, L. 2012. Közönséges Selyemkóró (*Asclepias syriaca*). In: Csiszár, Á. (Szerk.). Inváziós növényfajok Magyarországon [Invasive alien plant species in Hungary]. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, pp. 183-189.
- Bais, H. P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R. M., Vivanco, J. M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. *Science*, 301(5638), 1377-1380.
- Blank, R. R., Morgan, T. 2012. Suppression of *Bromus tectorum* L. by established perennial grasses: potential mechanisms—part one. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012(1), 632172.
- Blum, U., Austin, M. F., Shafer, S. R. 1999a. The fate and effects of phenolic acids in a plant-microbial-soil model system. *Recent Advances in Allelopathy*, 1, 159-166.
- Blum, U., Shafer, S.R., Lehman, M. E. 1999b. Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: concepts vs. an experimental model. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18, 673-693.
- Blum, U. 1998. Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions. *Journal of Chemical Ecology* 24, 685-708.

- Bodor, A., Bellahsen, N., Perei, K., Hodúr, C., Feigl, G. 2024. Phytotoxicity evaluation of nutrient-fortified pomegranate peel powders prepared from food waste and their feasibility as biofertilizers. *Environment, Development and Sustainability*, 26(2), 3671-3685.
- Bölöni, J., Molnár, Z., Kun, A. 2011. *Magyarország élőhelyei: vegetációtípusok leírása és határozója: ÁNÉR 2011*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, Hungary; pp. 439.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Brückner, D. J., Szabó, L. Gy. 2001. Az allelopátia modern értelmezése. *Kitaibelia* 4, 93-106.
- Callaway, R. M., & Ridenour, W. M. 2004. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(8), 436-443.
- Csecserits, A., Berki, B., Botta-Dukát, Z., Csákvári, E., Halassy, M., Mártonffy, A., Rédei, T., Sztár, K., 2022. Has the vegetation and severity of invasion changed in sandy grasslands and old-fields of the Kiskunság in the last decade?—Results of a repeated survey. *Természetvédelmi Közlemények* 28, 13–28.
- Csecserits, A., Botta-Dukát, Z., Kröel-Dulay, G., Lhotsky, B., Ónodi, G., Rédei, T., ... Halassy, M. 2016. Tree plantations are hot-spots of plant invasion in a landscape with heterogeneous land-use. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 226, 88-98.
- Csecserits, A., Czúcz, B., Halassy, M., Kröel-Dulay, G., Rédei, T., Szabó, R., ... Török, K. 2011. Regeneration of sandy old-fields in the forest steppe region of Hungary. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 145(3), 715-729.
- Csiszár, Á., Korda, M., Schmidt, D., Šporčić, D., Teleki, B., Tiborcz, V., Zagyvai, G., Bartha, D. 2012. Néhány inváziós és potenciálisan inváziós neofiton allelopátiás hatásának vizsgálata. *Botanikai Közlemények* 99, 159-171.
- Dalton, B. R. 1999. The occurrence and behavior of plant phenolic acids in soil environments and their potential involvement in allelochemical interference interactions: Methodological limitations in establishing conclusive proof of allelopathy. In: *Principles and Practices in Plant Ecology* (pp. 57-74). CRC Press.
- Del Fabbro, C., & Prati, D. 2015. The relative importance of immediate allelopathy and allelopathic legacy in invasive plant species. *Basic and applied ecology*, 16(1), 28-35.

- Feigl, G., Molnár, Á., Szöllősi, R., Ördög, A., Törőcsik, K., Oláh, D., ... Kolbert, Z. 2019. Zinc-induced root architectural changes of rhizotron-grown *B. napus* correlate with a differential nitro-oxidative response. *Nitric Oxide*, 90, 55-65.
- Fekete, G., 1981. Populációk közötti interakciók. in: Hortobágyi, T., Simon, T., (Szerk.), Növényföldrajzi társulástan és ökológia, Tankönyvkiadó, Budapest. Hungary. pp. 180-191.
- Follak, S., Bakacsy, L., Essl, F., Hochfellner, L., Lapin, K., Schwarz, M., Tokarska-Guzik, B., Wołkowycski, D. 2021. Monograph of invasive plants in Europe N 6: *Asclepias syriaca* L. *Botany Letters* 168, 422-451.
- Frost, M. D., Porensky, L. M., Reinhart, K. O., & Koerner, S. E. 2024. Invasive annual grasses destabilize plant communities in a northern mixed-grass prairie. *Ecosphere*, 15(10), e70036.
- Hammond, H. E., Norcini, J. G., Wilson, S. B., Schoellhorn, R. K., Miller, D. L. 2007. Growth, flowering, and survival of fire wheel *Gaillardia Pulchella* Foug. based on seed source and growing location. *Native Plants Journal* 8, 25-39.
- Hansen, A. 1976. *Gaillardia* Foug. pp. 144 In: Tutin TG; Heywood VH; Burges NA; Moore DM; Valentine, D. H. (Szerk.) *Flora Europaea* (Vol. 4). Cambridge. Cambridge University Press.
- Inayama, S., Harimaya, K., Hori, H., Ohkura, T., Kawamata, T., Hikichi, M., Yokokura, T. 1984. Studies on non-sesquiterpenoid constituents of *Gaillardia pulchella*. II. Less lipophilic substances, methyl caffeate as an antitumor catecholic. *Chemical and pharmaceutical bulletin* 32, 1135-1141.
- Kalisz, S., Kivlin, S. N., Bialic-Murphy, L. 2021. Allelopathy is pervasive in invasive plants. *Biological Invasions* 23, 367-371.
- Kruse, M., Strandberg, M., Strandberg, B. 2000. Ecological effects of allelopathic plants-a review. NERI technical report, 315.
- Macías, F. A., Durán, A. G., Molinillo, J. M. 2020. Allelopathy: The chemical language of plants. *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products* 112, 1-84.
- Mészáros, E., Bodor, A., Szierer, Á., Kovács, E., Perei, K., Tölgyesi, C., Bátori, Z., Feigl, G., 2022. Indirect effects of COVID-19 on the environment: How plastic contamination from disposable surgical masks affect early development of plants. *J. Hazard. Mater.* 436, 129255.
- Molnár, C., Csathó, A. I., Molnár, Á. P., Pifkó, D. 2019. Amendments to the alien flora of the Republic of Moldova. *Studia Botanica Hungarica* 50, 225-240.

- Nagy, K. N., Kardos, L. V., Orbán, Z., Bakacsy, L. 2024. The allelochemical potential of an invasive ornamental plant, the Indian blanket flower (*Gaillardia pulchella* Foug.). *Plant Species Biology*, 39(2), 102-108.
- Pollock, J. L., Kogan, L. A., Thorpe, A. S., Holben, W. E. 2011. (±)-Catechin, a root exudate of the invasive *Centaurea stoebe* Lam.(spotted knapweed) exhibits bacteriostatic activity against multiple soil bacterial populations. *Journal of chemical ecology*, 37, 1044-1053.
- Rewald, B.; Ephrath, J. E. 2013. Minirhizotron techniques. *In: Plant Roots: The Hidden Half*, 4th ed.; Eshel, A., Beeckman, T., (Szerk)., CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. 728–743.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.
- Richardson, D. M., & Rejmánek, M. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species—a global review. *Diversity and distributions*, 17(5), 788-809.
- Ruwanza, S., Gaertner, M., Esler, K. J., & Richardson, D. M. 2015. Allelopathic effects of invasive *Eucalyptus camaldulensis* on germination and early growth of four native species in the Western Cape, South Africa. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 77(2), 91-105.
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Tinevez, J.Y. 2012. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nat. Methods* 9 (7), 676.
- Simon, T. 2000. *A magyarországi edényes flóra határozója (Vascular flora of Hungary)*. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Stoutamire, W. 1977. Chromosome races of *Gaillardia pulchella* (Asteraceae). *Brittonia* 29, 297–309.
- Tsay, T. T., Wu, S. T., Lin, Y. Y., 2004. Evaluation of Asteraceae plants for control of *Meloidogyne incognita*. *Journal of nematology* 36, 36.
- Vitousek, P. M., D'antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmanek, M., Westbrooks, R., 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 1-16.
- Vivanco, J.M., Bais, H.P., Stermitz, F.R., Thelen, G.C., Callaway, R.M., 2004. Biogeographical variation in community response to root allelochemistry: novel weapons and exotic invasion. *Ecology letters* 7, 285-292

- Wiersema, J. H., León, B., 2013. *World economic plants: a standard reference*. 2nd ed. London, CRC Press.
- Xu, Y., Chen, X., Ding, L., Kong, C. H. 2023. Allelopathy and allelochemicals in grasslands and forests. *Forests* 14(3), 562.
- Zhu, X., Li, X., Xing, F., Chen, C., Huang, G., Gao, Y. 2020. Interaction between root exudates of the poisonous plant *Stellera chamaejasme* L. and arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. *Microorganisms* 8(3), 364.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek Dr. Bakacsy Lászlónak, aki iránymutatással és maximális segítséggel szolgált munkámhoz és dolgozatom elkészítéséhez. Szeretnék köszönetet mondani Dr. Feigl Gábornak, hogy rendelkezésemre bocsátotta a vizsgálati növényeim szkenneléshez szükséges műszert és programot, illetve, hogy szintén iránymutatással és segítséggel járult hozzá a dolgozatom elkészítéséhez. Köszönet illeti továbbá Dr. Vasas Andreát is, az SZTE GYTK Farmakognóziai Intézet egyetemi docensét, amiért segítséget nyújtott a növényi anyag ledarálásában. Köszönettel tartozom még Dr. Szepesi Ágnesnek is, aki bemutatta és segítséget nyújtott a biokémiai vizsgálatok során. Szeretnék még köszönetet mondani Nagy Ágnesnek, hogy észrevételeivel és tanácsaival segítette a munkámat.

9. TÉTELES SZERZŐI HOZZÁJÁRULÁS

Alulírott **Nagy Noémi** nyilatkozom, hogy a 37. OTDK-ra benyújtott **Két inváziós növényfaj allelopátiás hatásának vizsgálata az őshonos fedélrozsokra (*Bromus tectorum*) rhizotron rendszerben** című pályamunkámban leírtak esetében az alábbi munkafolyamatok elvégzésében vettem részt:

Részfeladat:	A részvétel mértéke:
Növényi anyag begyűjtése	1
Rhizotron rendszerek összeszerelése	5
Rhizotronok földdel való megtöltése	5
Tesztnövények a talajfelszínre történő ültetése	2
A kísérleti idő letelte után a tesztnövények szkennelése, hajtások leszedése, azok tömegeinek lemérése	5
Gyökér és hajtások hosszainak lemérése, kiértékelése	5
Rhizotron rendszerekből a föld kivétele, mosogatás	4

Kelt: Szeged, 2025.01.15.

Nagy Noémi

Pályamunkát benyújtó hallgató (SZTE TTIK) aláírása

A nyilatkozatban foglaltak helyességét megerősítem:

Dr. Bakacs László

Témavezető

(SZTE TTIK, Növénybiológiai Tanszék) aláírása