

XXXII. OTDK Biológia Szekció

A VADCSICSÓKA (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) ALLELOPÁTIÁS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Készítette:

Balázs Viktória Lilla
Biológus MSc hallgató, I. évfolyam

Pécsi Tudományegyetem



Témavezető: Dr. FARKAS ÁGNES
PTE ÁOK Farmakognóziai Tanszék

Konzulens: Dr. PÁL RÓBERT
PTE TTK Biológiai Intézet

TARTALOMJEGYZÉK

I. Irodalmi áttekintés	1
1.1. Allelopátia	1
1.1.1. Allelopátia fogalma	1
1.1.2. Allelopátia a növényvilágban	2
1.1.3. Az allelopátia klasszikus példái	2
1.1.4. Az allelopátiás anyagok hatóterületei	3
1.1.5. Allelopátia a fészkesvirágzatúak (<i>Asteraceae</i>) családjában	4
1.2. A csicsóka	5
1.2.1. A csicsóka (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) rendszertani besorolása	5
1.2.2. A csicsóka (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) botanikai jellemzése	5
1.2.3. Az özönnövényként számon tartott vadcsicsóka (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	8
1.2.4. A vadcsicsóka (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) allelopátiás hatása	10
II. Célkitűzés	12
III. Anyag és módszer	13
3.1. Növényi részek begyűjtése	13
3.2. Kivonatkészítés	13
3.3. A vizsgálatban résztvevő fajok kiválasztása	14
3.4. Szaporítóképletek csíráztatása	15
3.5. Adatok feldolgozása	16
IV. Eredmények	17
4.1. Gyomnövények	17
4.2. Termesztett növények	24
V. Eredmények kiértékelése	27
5.1. Saját eredmények összevetése más kutatócsoportok tapasztalataival	27
5.2. Következtetések	30
5.3. További tervezett vizsgálatok	31
VI. Összefoglalás	32
VII. Irodalomjegyzék	33
VIII. Köszönetnyilvánítás	39
IX. Tételes szerzői hozzájárulás	40

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1. 1. Allelopátia

1.1. 1. Allelopátia fogalma

Az allelopátia tágabb értelemben az élőlények egymásra gyakorolt élettani hatását (Pócs, 1968), kémiai kapcsolatait jelenti, vagyis azt a jelenséget, hogy valamely populáció a környezetében olyan kémiai változásokat idéz elő, amelyek más populációk fejlődésére serkentően vagy gátlóan hatnak (Kárász, 1991). Szűkebb értelemben egy virágos növényfajnak a szomszédos növényekre vegyületek (allelókemikáliák) révén gyakorolt hatását nevezzük allelopátiának. Ez a jelenség a növényvilágra általánosan jellemző (Szabó, 2006).

Az allelopátia fogalmát Molisch 1937-ben alkotta meg a görög eredetű szó, „allelon”, azaz minden más, és a „pathia”, vagyis szenvedés szóösszetételből, amely egyik élőlénynek a másokra kifejtett káros hatását jelenti (Kruse et al., 2000).

Az allelopátia egyben kémiai konkurenciát is jelent a különböző fajok között, mivel létrehozójára nem toxikus. Az allelokemikáliák befolyásolják a mikrobiális szimbiózis kialakulását, hatnak a mikorrhizás kapcsolatok létrejöttére, valamint akár a nitrogén-gyűjtő baktériumok jelenlétét is gátolhatják (Koocheki et al., 2013). A biokémiai hatások tehát a természetes társulások fajdiverzitását két irányba tolhatják el: erős inhibíció bizonyos helyzetekben alacsony diverzitásért lehet felelős, más esetekben viszont bizonyos kémiai alkalmazkodások alapjai lehetnek a niche-differenciációnak illetve nagy fajdiverzitásnak (Fekete, 2000).

Az allelopátiás tulajdonsággal rendelkező növények sok esetben nagyobb térhódításra képesek. Ez veszélyes is lehet, különösen behurcolt növényfajok esetében, amelyek másodlagos anyagszere termékeik kibocsátásával gátolhatják az őshonos növények fejlődését. Az allelopátia jelentős lehet az inváziós folyamatokban, hátrányosan befolyásolja a biológiai tápanyag ciklust, amely ugyancsak az endemikus, bennszülött fajok kiszorításához vezethet (Lorenzo et al., 2013).

Gyakorlati szempontból is nagy jelentőségű az allelopátia kutatása, hiszen bizonyították, hogy a biológiai (jelen esetben növényi) eredetű vegyületek lehetséges peszticidok (Kruse et al., 2000), amelyek valószínűleg nem váltanák fel a jelenleg használt gyomirtók mindegyikét, de csökkenthetnék a környezetünkbe kijuttatott gyomirtó szerek mennyiségét (Narwal et al., 2013).

Az allelopátia vizsgálata és megismerése nemcsak mezőgazdasági szempontból lényeges, hiszen az allelopátia az ökológiai folyamatok hálózatába bekapcsolódó jelenség, amely számos következménnyel jár, mint például a populáció egyedszámának változása, populáción belül a fajok mortalitási rátája (Sodaeizadeh & Hosseini, 2012).

1.1.2. Allelopátia a növényvilágban

A növények élőhelyükön soha sem egymagukban találhatók, hanem életközösségekben más növény- és állatfajokkal. A növények számára első fokon a szomszédos növények fontosak, mint élő környezeti tényező (Pócs, 1968). A környezet biotikus tényezői fontos szerepet töltenek be a növények életében, ezek hatásai azonban előre nem számíthatók ki, hiszen bonyolult kölcsönhatások révén jönnek létre. Allelopátiás hatóanyagok többféle módon is bekerülhetnek a környezetbe: elbomlott növényi maradványok révén, kimosódással, illékonyáguk miatt és exudációval (Hussian et al., 2013).

Az allelopátiás hatáshoz számos pozitív és negatív tulajdonságot társíthatunk. Egyes növénytársulások jól tűrik, védelmezik egymást, serkentőleg hatnak a másik növény növekedésére, kiváló illatot, zamatot kölcsönözve a másiknak, és vannak olyan növénytársulások is, amelyek egymásra gátló, sőt akár egymásra eltorvasztó hatást gyakorolnak (Haraszty, 2004).

1.1.3. Az allelopátia klasszikus példái

Számos folyamattal találkozhatunk a természetben, amelyek allelopátiás anyagok kibocsájtása révén valósulnak meg. A mikroorganizmusok például szerves vegyületeket termelhetnek, amelyek más mikroorganizmusok növekedését és szaporodását gátolják. A *Penicillium notatum* penicillint választ ki (Haraszty, 2004), amely a gennybaktériumok szaporodását meggátolja (Kiss, 1973). A *Streptomyces* fajok igen fontosak ökológiai és gyógyászati szempontból is. A *Streptomyces*-ek termelik a ma ismert és gyakorlatban alkalmazott antibiotikumok (klóramfenikol, tetraciklinek, sztreptomycin) mintegy 60-70%-át (Biro, 2001).

A fuzarium gomba (*Fusarium lycopersicum*) anyagcseretermékei a likomarazmin és a fuzarinsav a növényekre fonnyasztó hatást fejtenek ki (Haraszty, 2004). Egyes *Fusarium* fajok raktári kártevők, amelyek többféle veszélyes mikotoxint is termelnek (Pesti, 2001).

A gyomok egymásra és önmagukra gyakorolt allelopátiás hatásai is ismeretesek. A mezei aszat (*Cirsium arvense*) avarja önmaga fejlődését gátolja. Erélyes hatású fitoncidokat termel a

fokhagyma (*Allium sativum*) és a vöröshagyma (*Allium cepa*) (Kiss, 1973), amelyek baktériumölő hatásúak (Haraszty, 2004).

A fehér üröm (*Artemisia absinthum*) leveleiből kimosódó keserű anyag az absinthin (Szalai, 1994), amely az esővízzel a környező növényekre jutva azok különféle elváltozásait és élettani károsításait idézi elő (Kiss, 1973). Friss, vagy szárított levele az ánizs magvak csírázását nemcsak gátolja, hanem annak szukkulens jellegét kölcsönöz (Szalai, 1994).

A fák és a légyszárúak közötti kapcsolatra ismert példa a dió (*Juglans regia*) vagy az eukaliptusz alatti aljnövények pusztulása (Turcsányi, 2006). Az *Eucalyptus* erdőit az ausztráliai juhtenyésztés fellendülése idején azért gyérítették, hogy a juhlegelőtől ne szívja el a vizet. A füves vegetációt azonban leginkább az *Eucalyptus* olaja pusztította, s ez más növények fejlődésére is nagyon gátló hatást fejtett ki (Haraszty, 2004).

A fás szárúak is befolyásolhatják egymás fejlődését környezetükbe jutott anyagok által: a közönséges bükkfa (*Fagus sylvatica*) és magas kőrisfa (*Fraxinus excelsior*) egymás közelségében rosszul fejlődnek, de a közönséges nyír (*Betula pendula*) és a magas kőris, valamint a közönséges bükk és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) egymásra pozitív hatást fejtenek ki (Haraszty, 2004).

1.1.4. Az allelopátiás anyagok ható területei

Kutatások támasztják alá, hogy amikor a növények bizonyos környezeti ingereket érzékelnek, akkor ez a folyamat különböző transzdukciós utakon keresztül metabolikus válaszok kialakulását eredményezi. A külső ingerekre adott válasz enzim szintézist, stressz fehérjék, stressz hormonok, és stressz metabolitok szintézisét okozza, amelyek visszacsatolási kontroll alatt álló folyamatok. Az allelokemikáliák felszabadulása az érintett növényre nézve másodlagos oxidatív stressz előidézéséért felelős (Nazimah et al., 2013).

Az allelopátiás vegyületek a növényi anyagcserét számos területen befolyásolják, de az elsődleges támadási pontokat nem ismerjük (Szalai, 1994). Hatásukat kifejtik azáltal, hogy:

- megváltoztatják a biomembránok permeabilitását: A kislevelű hárs (*Tilia cordata*), a vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*) és a fekete fenyő (*Pinus nigra*) allelopátiás hatású extraktuma a közönséges búza (*Triticum vulgare*) csíranövény bioelektromos aktivitását felére csökkentette (Petrushenko et al., 1978).
- a gyökérsejtek osztódását és megnyúlását gátolják: A lila zsálya (*Salvia leucophylla*) terpénje szignifikánsan csökkenti más növények mitokondriumainak számát; a sejtmag, a mitokondrium és a Golgi-készülék membránját elbontja (Lorber & Müller, 1976).

- a xilém elemek eltömítésével a vízszállítást akadályozzák: A lucernában (*Medicago sativa*) a *Corynebacterium* toxinja csökkentette a vízszállítást (Colton & Einhellig, 1980).
- az ásványi anyagok felvételét gátolják: Az allelopátiás fenolvegyületek az őszi árpa (*Hordeum vulgare*) esetében visszaszorították a foszfát- és kálium felvételt (Glass, 1975).
- az allelopátiás anyagok általános támadási területe a kloroplasztiszok fotoszintetikus kapacitásának csökkentése
- a nitrogén-anyagcserét, a nitrifikációt és a N₂-megkötést jelentősen befolyásolják
- a mitokondrium károsodásokon keresztül befolyásolják a légzést
- a speciális enzimek stimulálása és gátlása, valamint a hormonok indukálta növekedésre gyakorolt hatásuk említhető meg (Szalai, 1994).

1.1.5. Allelopátia a fészkesvirágzatúak (*Asteraceae*) családjában

A fészkesvirágzatúak (*Asteraceae*) családjának számos képviselője rendelkezik azzal a képességgel, hogy olyan anyagokat bocsájtson a környezetébe, amelyek hatást gyakorolnak a környezetükben található növényfajokra. Ezen család képviselője az útszéli imola (*Centaurea maculosa*), amelynek allelopátiás tulajdonságát aktív szén használatával a Montanai Egyetem kutatói bizonyították be egy őshonos csenkeszfajt (*Festuca idahoensis*) tesztelve (Callaway, 2000).

A bojtocska (*Ageratum conyzoides*) egyéves, szintén fészkesek közé sorolandó gyógynövény, amely ugyanakkor invazív gyomként jelent problémát egyes területeken. Számos kémiai vegyületet izoláltak már ebből a fajból: alkaloidokat, flavonoidokat, kroméneket és benzo-furán terpenoidokat (Singh et al., 2005).

A klorogénsav és izo-klorogénsav tartalmú napraforgó (*Helianthus annuus*) meggátolja számos gyomnövény, például a betyárkóró (*Conyza canadensis*), szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*) és rozsnok (*Bromus*) fajok fejlődését (Szalai, 1994).

Laboratóriumi és üvegházi körülmények között is vizsgálták a vadcsicsóka (*Helianthus tuberosus*) allelopátiás hatását termesztett növényekre és gyomfajokra (Tesio et al., 2010).

A csicsóka Észak-Amerika középső területének őshonos növénye, amely hazánkban már a burgonya behozatala előtt megtalálható volt (Kays & Nottingham, 2008).

1.2. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.)

1.2.1. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) rendszertani besorolása

A csicsóka (1. ábra) a növények országába (*Plantae*), a zárvatermők törzsébe (*Magnoliophyta*) és a kétszikűek (*Magnoliopsida*) osztályába tartozó növény. A fészkesvirágzatúak (*Asterales*) rendjének, az őszirózsafélék (*Asteraceae*) családjának, a *Heliantheae* nemzetség-csoporthoz és *Helianthus* nemzetséghez tartozó faja (Borhidi, 2008).



1. ábra A csicsóka
(*Helianthus tuberosus* L.)

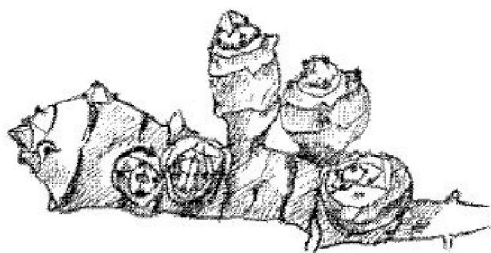
A fészkesvirágzatúak családja (*Asteraceae*) az egész földön elterjedt (Czóbel et al., 2007), igen változékony, nagy alakgazdagságú család, számos haszon- és dísznövénnel (Simon & Seregélyes, 2009). Bár képviselői a Föld minden klímazónájában megtalálhatók, elterjedésük középpontja mégis a trópuson kívüli tájakon, az időszakosan száraz éghajlatú területeken van (Szabó, 2001). Az *Asteraceae* család jellegzetessége a fészkesvirágzat,

amelyet kívülről murvalevelek, ún. fészkepikkelyek borítanak. Az egyes virágok tövénél serte- vagy pikkelyszerű támasztólevelek állhatnak, ezek a vacokpikkelyek, amelyeknek feladatuk a virágok védelme. Virágai lehetnek csövesek és nyelvessék (Czóbel et al., 2007).

A napraforgó (*Helianthus*) nemzetség fajai többnyire magas termetű, lágyszárú egyévesek (terofitonok), gyakrabban félig rejtve telelő (hemikriptofiton) vagy talajban telelő (geofiton) évelő növények. Amerikai honosságú, hatvan fajt magába foglaló rendszertani egységről van szó, amelynek két legismertebb és gazdaságilag is legfontosabb képviselője az olaj- és mézadó növényként egyaránt fontos közönséges napraforgó (*Helianthus annuus*), és a szénhidrátokban gazdag szárgumót fejlesztő csicsóka (*Helianthus tuberosus*) (Balogh, 2006).

1.2.2. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) botanikai jellemzése

A vadcsicsóka gyöktörzse körtealakúan vastagodó, ehető gyökérrostokat fejleszt (Soó, 1951), amelyek gumók formájában figyelhetők meg (2. ábra) (Soó & Kárpáti, 1968). A talajban fejlesztett ággumói cukorbetegség által is fogyasztható, összetett szénhidrátot, inulint (fruktóz polimer) tartalmaznak (Terpó, 1987). A gyökérzet általában oldalirányban terjed, de



2. ábra. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) gyöktörzse

– különösen homokon – száraz fekvésben a jelentős számú gyökér a mélybe nyúlik, hogy a növény vízellátását biztosítsa (Radics, 2001).

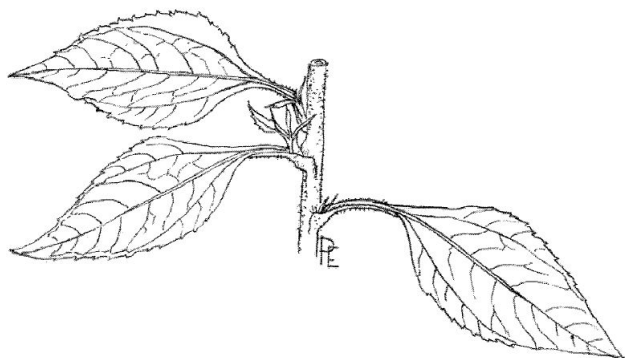
A gyökérzet általában 15-20 cm mélységben hálózza be a talajt, de száraz homoktalajon akár 50-80 cm-re is hatol. Sekélyen szétterülő gyökérzet esetén a gyökerek oldalirányban

általában a középponti eredési helytől 20-30 cm-re futnak, de gyakran előfordulnak 50-60 cm-re megnövő oldalgyökerek is. A legfejlettebb 4-5 oldalgyökér másodlagos elágazásokat hoz létre, melyek 10-15 cm hosszúságúak, és a csúcsuk felé eső részen kb. 0,5 cm vastagok (Szabó, 2010). Az első gyökerek a gumóalap rügyei körül indulnak fejlődésnek. A gumókból fejlődnek a sztőlók, vagy tarackok, amelyek megvastagodó végén az új gumók, mint vegetatív szaporító képletek alakulnak ki. A tarackok, sztőlók hossza 8-10 cm, az ággumók alakja kerekded (Balogh, 2012), vagy lehetnek orsó alakú, megnyúltak is (Balogh, 2006). A sztőlók hossza, száma, s egyben a gumótermés is fajtatulajdonság (Radics, 2001).

A gumó színe változó, megkülönböztetünk fehér, füstszürke, sárga, rózsaszínű, pirosas, kékes és lilás típusokat. A héjszín a környezeti tényezők közül különösen a talaj kémhatása befolyásolhatja. A gumó kora is meghatározó tényező lehet. Ha a gumó vagy egy része napfényre kerül, akkor a gumóhéj arányos része megzöldül (Szabó, 2010), vagy barnássá válik. A gumók belső felületére jellemző a fehér, rózsaszín, vagy a világosbarna színezettség (Kays & Nottingham, 2008).

A csicsóka nem tartozik a nagyon igényes növények csoportjába, hiszen igen jól alkalmazkodik a mérsékelt éghajlati viszonyokhoz, jól tudja hasznosítani még a legszegényebb talajokat is. Nagyon jól tűri a hosszantartó téli fagyokat, és a szélsőséges szárazságot is (Stoian, 2008).

A **szár** pelyhes-borzas (Soó, 1951), vastag, dudvás, alul kissé fásodó (Balogh, 2012). Állagát tekintve hengeres, tömött, de nagy víztartalmú, felszíne kissé barázdált és szőrözött (3. ábra) (Papp, 2007).



3. ábra. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) hajtásrendszere

Az elágazódásra való hajlam nemcsak a genotípustól, hanem a környezeti adottságoktól, de főleg az állománysűrűségtől függ. Ritkább tőállás esetén a szár alapi részén 2-3 erősebb oldalág ered, de az alsó levelek hónaljából

még további 7-8 elágazódás jöhet létre. Egy-egy oldalág 40-50 cm hosszú, és akár 20-25 kisebb lomblevelet viselhet (Szabó, 2010). A növény magassága 1,5 métertől akár a 3,5 méteres magasságot is elérheti (Balogh, 2006).

Gyenge talajon az 1 m körüli szár viszonylag vékony, korán elfásodó. Humuszban gazdag, nitrogéndús talajokon pedig hatalmas, nedvdús szárat és dús levélzetet növeszt (Radics, 2001). A vegetációs periódus végén az egész hajtásrendszer a szárral, szárképletekkel együtt elszárad; megsárgul, megbarnul, majd szinte megfeketedik, tehát fokozatosan elpusztul (Szabó, 2010). A szárcsomóknál fejlődnek a levelek, és a levelek hónaljából indulnak az oldalhajtások (Papp, 2007).

A **levelek** tojásdad-lándzsásak, az alsók szíves-tojásdadok, alig fogazottak (Soó & Kárpáti, 1968), nyélbe futók (Jávorka, 1925). A kifejlett növény főhajtásán és oldalhajtásain legalább 40-60 levél található (Szabó, 2010). A levelek számát jelentősen befolyásolja a talaj típusa, a rendelkezésre álló nedvesség, a növény kora, és az egyedek sűrűsége is (Kays & Nottingham, 2008). McLaurin (1999) megfigyelései alátámasztották, hogy a levelek száma az elvirágzás idején növekszik, majd ezt követően csökken. A levelek mérete a növény hossztengelye mentén változatos. Középtájt a legnagyobb méretűek a levelek, majd a szárcsúcs felé haladva csökken a levelek felülete. Az oldalsó ágakon található levelek mérete az oda jutó napfény mennyiségének a függvénye (Kays & Nottingham, 2008).

A levelek állása lehet átellenes, szórt, hármass-örvös állású is (Papp, 2007). Zöld színéből jól kitűnik a közepén végighúzódnó világoszöld főér és a levéllemez alapjától a felső harmadáig, a főértől balra és jobbra terjedő, erősebben látszó, két nagyobb oldalér (Szabó, 2010). A felszínen serteszőrök, mirigyszőrök, áttetsző, vizet tartalmazó szőrök fejlődhetnek (Papp, 2007). Míg a levelek felszíne érdesszőrös, fonákán, inkább csak az ereken, rányomottan, finoman gyapjas pelyhes (Balogh, 2006). A levéllemez nagysága 8-18 x 15-30 cm, a levél széle durván fűrészkes (Balogh, 2012).

Az őszi lehűlés és fagy hatására a levelek gyorsan sárgulnak, de a kisebb, növekedésüket éppen befejező lomblevelek a csúcsi részükön még akár november közepéig is halványzöldek (Szabó, 2010).

A többnyire 10-25 cm hosszú **virágzati** tengely keresztmetszeti átmérője csupán 2-3 mm (4. ábra) (Szabó, 2010). A virágzat alapja a kúp alakú fészektányér, a „kög”, melynek külső felszínén pikkelylevelek fejlődnek (Papp, 2007).



4. ábra. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) virágzata

A külső fészkepikkelyek lazán elállóak (Balogh, 2006), 3-8 cm átmérőjűek (Szabó & Péntek, 1976). A fészkepikkelyek hosszúkásak vagy lándzsásak, barnás-zöldek vagy feketés színűek, közel egyenlő hosszúságúak (Jávorka, 1925; Balogh, 2012).

A fészektányér külső peremén fejlődnek a sárga, nyelves virágok egy sorban (Csiszár, 2012), számuk 10-20 közé tehető (Balogh, 2006). Ezek csalogatják a rovarokat, méheket (Papp, 2007). A fészektányérban fejlődnek a csöves virágok (kögvirágok), melyek kétivarúak és fertilisek, tehát bennük a termő és a porzó is kialakul (Balogh, 2012). A virágkocsány hossza 8-12 cm. A csöves virágok össz-színhatása sárgásbarna. A központban fejlődött termő felső részén ül a bibeszál, a csúcson visszahajló bibével. Körülötte, a szabad porzósálakon az összenőtt portokok állnak, amelyek a belső oldalon nyílnak fel. A virágzó csicsóka augusztustól októberig figyelhető meg (Balogh, 2006).

A csicsóka virágaiból csak nagyon ritkán képződik **termés**. Kaszatja hasonlít a napraforgóéhoz, de annál jóval kisebb és laposabb. Általában 6-7 mm hosszú, és 2-2,5 mm széles. Vastagsága alig éri el a 2 mm-t. Ezerkaszat-tömege alig 5 g. Egy kaszat átlagos tömege 4,8 mg (Swanton, 1986). A kaszathéj alapszíne halvány sárgásbarna vagy szürkés árnyalatú, és gyakran ugyanilyen, de sötétebb foltokkal tarkított. A kaszat belsejében apró, fehér mag található (Szabó, 2010).

1.2.3. Az özönnövényként számon tartott vadcsicsóka (*Helianthus tuberosus* L.)

A Földünk biodiverzitását veszélyeztető tényezők között az élőhelyek pusztulását és feldarabolódását közvetlenül a nem őshonos, inváziós fajok terjedése követi (Csiszár, 2012). Ez nem is annyira meglepő, hiszen az emberi tevékenység egyik egyre súlyosabb problémát okozó velejárója a különböző fajok véletlenszerű vagy szándékos betelepítése. Az így behurcolt fajok egy része önállósította magát, és minden képzeletet felülmúlóan szétterjedt. Az idegen földről származó (adventív) fajok e körét nevezzük inváziós fajoknak (Haraszty, 2004).

A biológiai invázió első nagy hulláma a földművelés és állattenyésztés elterjedésével párhuzamosan zajlott le. Az invázió második nagy hulláma a nagy földrajzi felfedezéseket, illetve az Újvilág meghódítását követően indult meg (Botta-Dukát, 2004). Az invázió mechanizmusaira vonatkozó egyik első hipotézist Darwin fogalmazta meg 1859-ben „*A fajok eredete*” című művében: elsősorban a nem őshonos genusok fajai a sikeresek, tágabb értelemben minél kevésbé vannak egy fajnak az új hazában rokonai, annál inkább képes elszaporodni, mert a verseny a közeli rokonok között a legerősebb (Rejmánek, 1996). Az inváziós fajok nemcsak természetvédelmi, erdő- vagy mezőgazdasági, de jelentős humán-egészségügyi és ökonómiai problémát is okozhatnak.

Nagyon fontos a nem őshonos fajok megjelenésének korai detektálása, gyors válaszlépések meghatározása a fajok további terjedésének megakadályozása céljából (Csiszár, 2012). A magyar flóra hozzávetőlegesen kétezer-négyszáz fajból áll, amelynek 3%-a tartozik az adventívok közé, azaz kevesebb, mint száz faj (Haraszty, 2004). Általában száz bekerülő jövevény (adventív) fajból csak mintegy öt honosodik meg (akklimatizálódik), abból kettő, vagy három válik inváziós, azaz özönnövénné, és ezeknek is csak töredéke lesz átalakító (transzformáló), vagyis az életközösség eredeti összetételét és sokszor a táj képét is erőteljesen megváltoztató növény (Balogh, 2003). A sikeres invázió feltétele részben az adott faj, részben a befogadó környezet adottságaiban rejlik. Az özönfajok nagyszámú utódot hoznak létre, és tág környezeti (ökológiai) tűrőképességűek. Számos esetben tartalmaznak allelopátiás hatású anyagokat, amelyek környezetükbe jutva gátolják, vagy meg is akadályozzák más növényfajok egyedfejlődését.

Az Európában megtalálható özönnövények egy jelentős része Észak-Amerikából származik és a fészkesvirágzatúak családjába tartozó neofitonok¹ (Balogh, 2003). Ezen fajok közé tartozik a vadcsicsóka is.

A csicsóka a vizek mentén özönszerűen fellépő fajok közé tartozik (Balogh, 2000), folyóvizek ártereiben meghonosodva és erőteljesen terjeszkedve mára Európa-szerte jelentős invazív elemmé vált. E folyamat hazánkban több helyütt komoly gondokat okoz a természetes növényzet visszaszorítása révén (Balogh, 1999). Termésérési és csírázás-vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a *H. tuberosus* agg. fajcsoportba tartozó hazai évelő napraforgó taxonok egy része az uralkodó vegetatív út mellett rendelkezik a generatív szaporodási mód potenciális lehetőségével is, új kolónia alapítása céljából (Balogh, 2007).

¹ Amerika felfedezése után kerültek át más földrészekre

Az ökológiai folyosók a táj olyan elemei, amelyek az élőhely-fragmentumokat összekötve fokozzák a táj konnektivitását és ezzel ellensúlyozzák a feldarabolódás hatását (Standovár & Primack, 2001). A folyosók hatása nemcsak előnyös lehet, hanem esetenként hátrányos is, mert elősegíthetik a káros szervezetek (köztük az inváziós növények) terjedését. A folyóvizek, mint ökológiai folyosók, fontos szerepet töltenek be a csicsóka térhódításában, hiszen a víz jelenti a szaporítóképletek legfontosabb terjesztő közegét (Bartha et al., 2004).

A *H. tuberosus* termesztésével foglalkozó írások szinte már a kezdetektől megemlékeznek könnyű elvadulásáról is. Egyik korabeli kárpát-medencei adata szerint például Temes vármegyében „ültetik, vagy elvadul” (Borbás, 1886). További korai példaként a Vas megyei Kőszeg (Waisbecker, 1891) és Sorkitótfalu (Márton József, in herb. BP, 1891) adatok említhetők (Balogh, 2006).

1.2.4. A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) allelopátiás hatása

Az allelopátia egyes adventív növényfajok inváziós sikerében jelentős szerepet tölthet be. Ez alól feltételezhetően a vadcsicsóka sem kivétel, hiszen allelopátiás hatása hozzájárulhat a növény sikeres terjedéséhez (Csiszár et al., 2012). A vadcsicsóka azoknak a növényeknek a csoportjába tartozik, amelyek bizonyos kemikáliák kibocsátásával képesek más növények növekedését és életmenetét befolyásolni (Azania, et al., 2003). Ezért a sajátosságáért felelős vegyületek a szeszkviterpenoidok ($C_{15}H_{24}$) és a fenolsavak (Szabó, 1997). Mind a levélben, mind a gyökérben megtalálhatóak olyan allelopátiás hatású anyagok, amelyek felszabadulása következtében a vadcsicsóka kifejti gátló hatását.

A csicsóka juglon-indexe³ 0,98 (Szabó, 1999), amely azt bizonyítja, hogy a csicsóka rendelkezik allelopátiás hatással. A csicsókából készült kivonat a fehér mustár csírázását, hajtás- és gyökérhosszúságát statisztikailag igazolhatóan ($p < 0,05$) gátolta (Csiszár, 2012).

Tesio és munkatársai (2011) eredményei is azt mutatták, hogy a vadcsicsóka leveléből készült kivonat gátolja a disznóparéj (*Amaranthus viridis*), a tarackbúza (*Elymus repens*), a zab (*Avena fatua*), a csillagpázsit (*Cynodon dactylon*), és az indiai mályva (*Sida spinosa*) palánták növekedését.

³ A juglon-index megállapítása során arra a kérdésre keresték a választ, hogy a 100 ml desztillált vízben áztatott 5 grammnyi szárított hajtásból készült kivonat mennyire befolyásolta a teszt növény, a fehér mustár (*Sinapis alba*) csírázását és növekedését.

Az elnyomó hatású kemikáliák bizonyos esetekben hatékonyan alkalmazhatóak a biológiai növényvédelem és gyomirtás terén. Kísérletek segítségével igazolták, hogy azon a földterületen, amelyben csicsókamaradványokat hagytak, gátolt növekedésűek voltak a gyomnövények, míg a csicsókafertőzéstől mentes területeken ez nem volt megfigyelhető (Tesio et al., 2011).

A vadcsicsóka allelopátiás hatása nemcsak mezőgazdasági szempontból lehet előnyös. Gyümölcsök és zöldségek szállítása során fellépő gombás fertőzések kialakulásának megakadályozása céljából *H. tuberosus* levélből készült fenolos kivonatot alkalmaztak. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a levélből készült kivonat n-butanol tartalma miatt csökkentek a penészgomba (*Botrytis cinerea*), a *Colletotrichum gloeosporioides*, a *Phytophthora capsici*, és a *Rhizoctonia cerealis* megbetegedések (Chen et al., 2013).

A vadcsicsóka allelopátiás hatást abban az esetben is kifejthet, ha elhalt levél illetve tarack kerül a talajba. Saláta (*Lactuca sativa*), borsó (*Pisum sativum*) valamint pirók-ujjasmuhar (*Digitaria sanguinalis*) csírák növekedését figyelték meg olyan talajban, amelyhez csicsóka levélszövetet keverték. A vizsgált fajok közül statisztikailag igazolható különbség a *D. sanguinalis* fajnál volt megfigyelhető, amelynek a csírázását 30%-kal csökkentette a csicsókás kezelés (Tesio et al., 2011).

II. CÉLKITŰZÉS

Vizsgálatunk során az alábbi kérdésekre kerestünk választ:

- Összefüggésbe hozható-e a vadcsicsóka allelopátiás hatása a sikeres terjedésével?
- Van-e hatása a vadcsicsóka leveléből és gyökeréből készült kivonatoknak az általunk vizsgált növényekre?
- Milyen módon befolyásolják a vadcsicsókából készült kivonatok a vizsgált csíranövények magasságát, gyökereinek hosszúságát, valamint a csírázott magvak számát?
- Van-e különbség a természetes vegetációban elterjedt növények és a termesztett növények válaszreakciója között?
- A vegetációs periódus során hogyan változott a vadcsicsókából készült kivonatok hatása?

III. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Növényi részek begyűjtése

A vizsgálatunkhoz szükséges növényi részeket a Baranya megyében található Pécsi-víz (5. ábra) árteréből gyűjtöttük be minden hónap első napján júniustól októberig terjedően. Vizsgálatunkhoz a vadcsicsóka levelére és földalatti képleteire (tarack és gyökér) volt szükségünk.



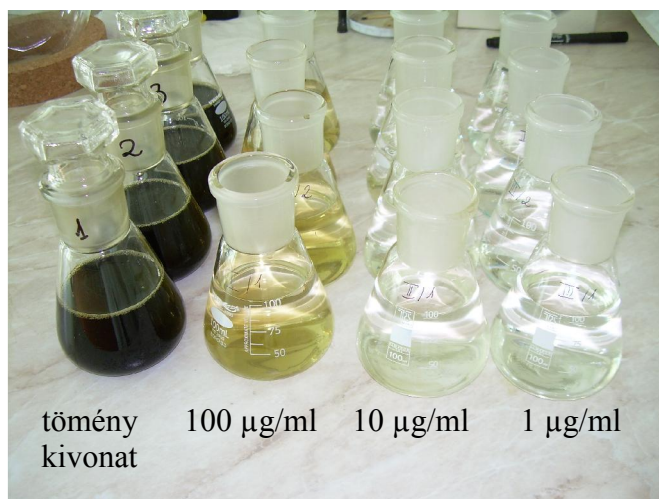
5. ábra. Vadcsicsóka a Pécsi-víz mentén

A begyűjtést követően a növényi részeket megtisztítottuk (eltávolítottuk a kivonatunkra veszélyt jelentő szennyeződések), majd a kivonatkészítés előtt szárítókeretekre helyeztük őket három napra.

3.2. Kivonatkészítés

Kivonatkészítés céljából a megszáradt növényi részeket KM13-típusú darálóval (Robert Bosch Hausgeräte GmbH, Stuttgart, Németország) aprítottuk össze. Az aprított növényi részekből 5 g-ot Erlenmeyer-lombikokba helyeztünk, majd 100 ml desztillált vízzel töltöttük fel a lombikot. Az Erlenmeyer-lombikokat lezárva KL-2 típusú rázógépre (Edmund Bühler GmbH, Hechingen, Németország) helyeztük 24 órára, 150 fordulat/perc keverési sebességgel. 24 óra eltelte után a kivonatokat négy alkalommal szűrtük át: az első két szűrés

vatta segítségével történt, a célja az összeaprított növényi részek eltávolítása volt, míg az utolsó két szűréshez a Whatman 1 szűrőpapírt alkalmaztuk, az apróbb részecskék eltávolítása céljából. A szűrletet szárazra pároltuk az RV 0400 SD típusú bepárló gép (Dialab Kft., Hungary) segítségével, majd a bepárolt anyagot megfelelő mennyiségű vízben felvéve kivonataink szárazanyag tartalmát 1, 10 és 100 µg/ml töménységre állítottuk be. Minden egyes koncentráció esetében négy ismétlést alkalmaztunk (6. ábra).



6. ábra A vizsgálat során alkalmazott kivonatok

3.3. A vizsgálatban résztvevő fajok kiválasztása

Magyarország különböző vízfolyásai mentén készített vegetációs felvételek alapján választottuk ki azokat a fajokat, amelyek borítását a velük együtt élő csicsóka lecsökkentette. Ezek a közönséges tarackbúza (*Elymus repens*), a közönséges galaj (*Galium mollugo*), a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*), és a gilisztaűző varádics (*Tanacetum vulgare*). A vizsgált gyomfajokat két termesztésben megtalálható fajjal egészítettük ki: közönséges búzával (*Triticum aestivum*), és a kukoricával (*Zea mays*), annak érdekében, hogy megtudjuk, hogy a csicsóka allelopátiás hatása veszélyt jelent-e a vizsgált termesztett fajokra. Valamint a fehér mustárt (*Sinapis alba*) vontuk be a vizsgálatunkba, amely az egyik leggyakoribb teszt faj csírázási kísérletekben.

A vizsgálatban résztvevő fajok szaporítóképleteit a Növényi Diverzitás Központ (Tápiószele) biztosította számunkra, kivételt képez a *Solidago gigantea*, amelynek magjait egy Baranya megyei állományból gyűjtöttük be.

Az alábbi ökotípusokkal és fajtákkal dolgoztunk vizsgálatunk során:

Elymus repens (L.) Gould, Soproni ökotípus

Galium mollugo (L.), Csévharaszi ökotípus

Sinapis alba (L.)

Solidago gigantea (Ait.)

Tanacetum vulgare (L.)

Triticum aestivum (L.) cv. Bánkúti 1201

Zea mays (L.) convar. *dentiformis* Körn.

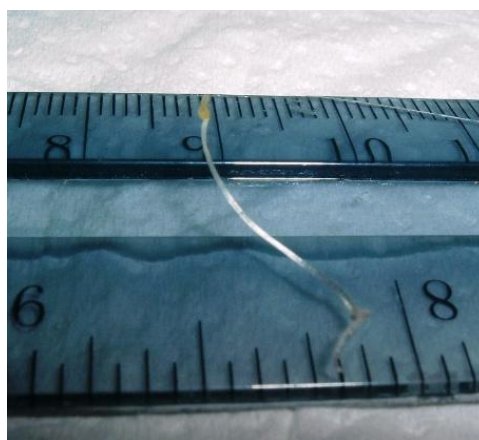
3.4. Szaporítóképletek csíráztatása

Az általunk kiválasztott fajok szaporítóképleteinek a csíráztatásához 14×14 cm nagyságú Petri-csészéket alkalmaztunk. Első lépésként fertőtlenítettük a vizsgálatban részt vevő szaporítóképleteket, amely során a magokat két percre 50%-os etanolba helyeztük. Minden egyes Petri-csészébe szűrőpapírt helyeztünk el, amelyet 5 ml kivonattal itattunk át minden egyes alkalmazott koncentráció esetében. Kontrollként desztillált vizet alkalmaztunk. Minden egyes kezelést négy alkalommal ismételtünk meg.

A Petri-csészékben 15-15 magot helyeztünk el egyenlő távolságra egymástól (7. ábra), majd ezt követően a Petri-csészéket sötétbe helyeztük, biztosítva számukra a szobahőmérsékletet (22 °C).



7. ábra. A magok Petri-csészébe való elhelyezése



8. ábra. A csíranövények magasságának és gyökereik hosszúságának a mérése

A kísérlet negyedik napján további 2 ml kivonattal (kontroll esetében desztillált vízzel) nedvesítettük be a szűrőpapírokat, megóvva a kiszáradástól.

A kísérlet hatodik napján megszámoltuk a csírázott magok számát és megmértük a csíranövény magasságát, valamint a gyökerek hosszúságát centiméterben kifejezve (8. ábra).

3.5. Adatok feldolgozása

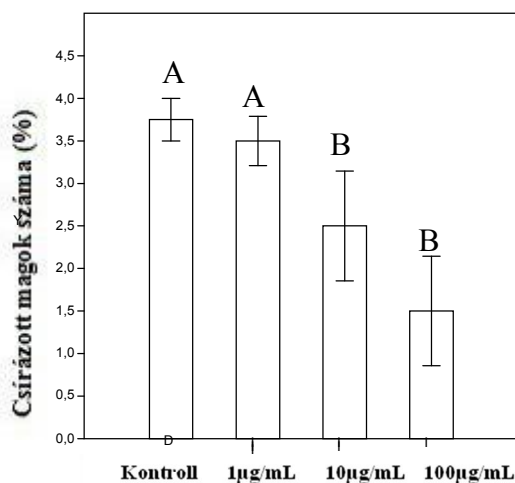
Az adatokat Excel táblázatba rögzítettük, majd ezt követően a Past statisztikai program 2.17b verzióját (Hammer et al. 2001) alkalmazva elvégeztük a statisztikai elemzéseket. A különböző koncentrációk hatásának az összehasonlítását a One-way-ANOVA varianciaanalízis (Tukey páronkénti összehasonlítás) segítségével végeztük el. Azon adatok esetében, ahol nem volt normál (Shapiro-Wilk teszt) az adatok eloszlása, Kruskal-Wallis tesztet (Mann-Whitney páronkénti összehasonlítás) alkalmaztunk.

IV. EREDMÉNYEK

A vadcsicsóka allelopátiás hatását öt hónapon keresztül hét növényfajon vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a tesztnövények egy részét nem befolyásolták jelentősen a vadcsicsóka kivonatai, míg mások növekedését gátolták, vagy serkentették. További általános megfigyelésünk volt, hogy a vadcsicsóka kivonatainak hatása a vizsgálati periódus különböző időszakaiban nem egyformán érvényesült: egyes hónapokban nem tapasztaltunk szignifikáns változást a tesztnövények magjainak csírázási arányában illetve növekedésében, míg más hónapokban jelentős eltérések mutatkoztak a kontroll és a kezelt magok között.

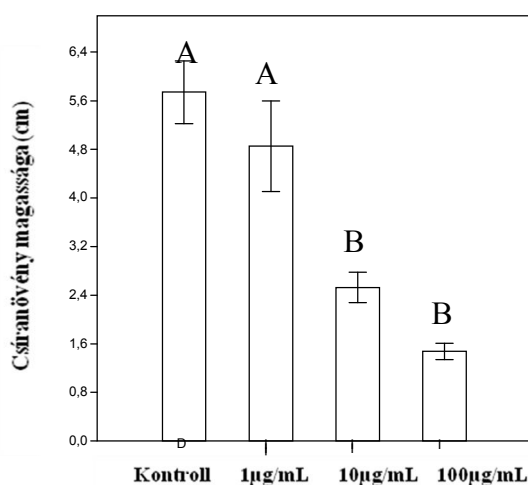
4.1. Gyomnövények

A **közönséges tarackbúza** (*Elymus repens* L.) esetében augusztustól októberig terjedően nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható változást a kicsírázott magok számát illetően. Ezzel ellentétben, júniusban a levélből készült kivonat ($p < 0,05$), júliusban pedig a gyökérből készült kivonatok szignifikánsan csökkentették ($p < 0,05$) a közönséges tarackbúza szaporítóképleteinek csírázását (9. ábra).



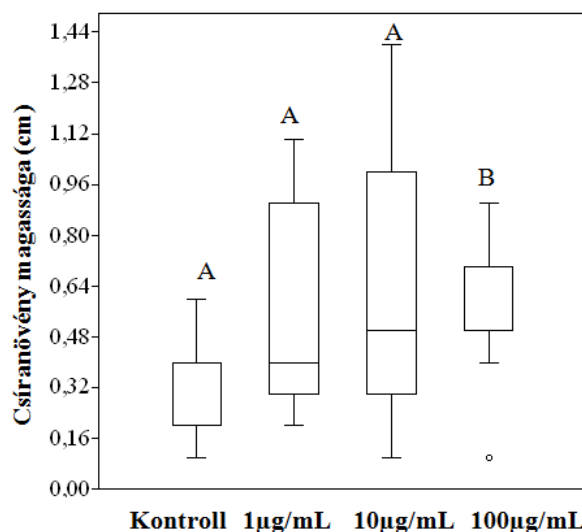
9. ábra A vadcsicsóka gyökereiből készült júliusi kivonat hatása a közönséges tarackbúza csírázására. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A vadcsicsóka különböző szerveiből készült kivonatok a közönséges tarackbúza csíranövények fejlődésére is hatást gyakoroltak. A vadcsicsóka leveléből készült két legerősebb koncentrációjú kivonat (10 µg/mL és 100 µg/mL) októberben statisztikailag igazolhatóan csökkentette a csíranövények magasságát ($p < 0,001$) (10. ábra) és a gyökerek hosszúságát ($p < 0,01$). A vadcsicsóka leveléből készült kivonatokhoz hasonlóan a gyökérből készült kivonatok is negatív hatást fejtettek ki a vizsgálat időtartama alatt: júniusban és októberben a két legerősebb koncentrációjú kivonat (10 µg/mL és 100 µg/mL) szignifikánsan csökkentette a csíranövények magasságát ($p < 0,05$) és a gyökerek hosszúságát ($p < 0,05$).



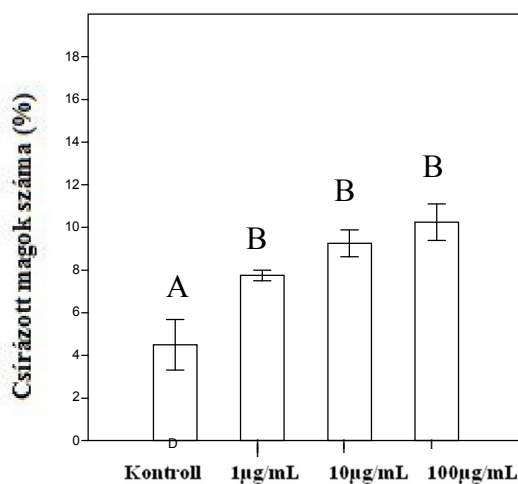
10. ábra A vadcsicsóka leveléből készült októberi kivonat hatása a közönséges tarackbúza csíranövényeinek magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,001$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A **közönséges galaj** (*Galium mollugo* L.) szaporítóképleteinek a csírázására – vizsgálatunk időtartama alatt – statisztikailag igazolható hatást nem fejtettek ki a vadcsicsóka különböző szerveiből készített kivonatok. Ezzel ellentétben a vadcsicsóka leveléből készített kivonatok két legerősebb koncentrációja (10 µg/mL és 100 µg/mL) októberben statisztikailag igazolhatóan csökkentette a csíranövények magasságát ($p < 0,01$) és a gyökerek hosszúságát ($p < 0,05$). A vadcsicsóka gyökérből készített kivonatok a vegetációs periódus alatt mindössze egy alkalommal fejtettek ki statisztikailag is mérhető hatást: a szeptemberben készült kivonat legnagyobb koncentrációja (100 µg/mL) jelentősen megnövelte a kicsírázott növények magasságát ($p < 0,01$) a kontrollhoz viszonyítva (11. ábra).



11. ábra A vadszicsóka gyökeréből készült szeptemberi kivonat hatása a közönséges galaj csíranövényeinek magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,01$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A vadszicsóka leveléből és gyökeréből készített kivonatok pozitív hatást fejtettek ki a **fehér mustár** (*Sinapis alba* L.) csírázására. Júliusban a leveléből készült kivonat legerősebb koncentrációja (100 µg/mL), augusztusban pedig a gyökeréből készült kivonatok (1 µg/mL, 10 µg/mL, 100 µg/mL) statisztikailag igazolhatóan növelték a kicsírázott magok számát ($p < 0,05$) (12. ábra).

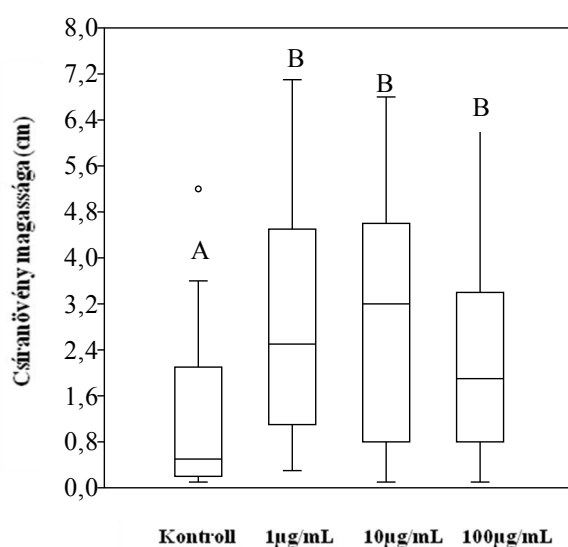


12. ábra A vadszicsóka gyökeréből készült augusztusi kivonat hatása a fehér mustár magok csírázási százalékára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A kivonatok pozitív hatása a fehér mustár csíranövények fejlődése során is megmutatkozott. Júniustól augusztusig terjedően a vadszicsóka leveléből és gyökeréből készített kivonatok minden egyes koncentrációja (1 µg/mL, 10 µg/mL, 100 µg/mL) statisztikailag igazolhatóan

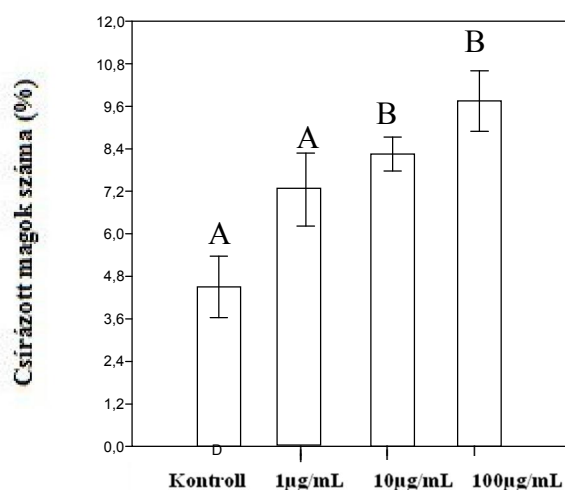
növelte ($p<0,05$) a csíranövények magasságát a kontrollhoz viszonyítva (13. ábra). Szeptemberben ez a hatás nem volt számottevő, majd októberben a csicsóka gyökeréből készített kivonatok két legerősebb koncentrációja szignifikánsan csökkentette a csíranövények magasságát ($p<0,05$).

Az alkalmazott kivonatok a fehér mustár csíranövényeinek gyökérhosszúságát is pozitívan befolyásolták a vegetációs periódus nagy részében. Júniustól augusztusig terjedően főleg a kivonatok pozitív hatása érvényesült, amely csak októberben változott meg számottevően, amikor is a csicsóka gyökeréből készített kivonatok statisztikailag igazolhatóan ($p<0,05$) csökkentették a növények gyökereinek hosszúságát a kontrollhoz viszonyítva.



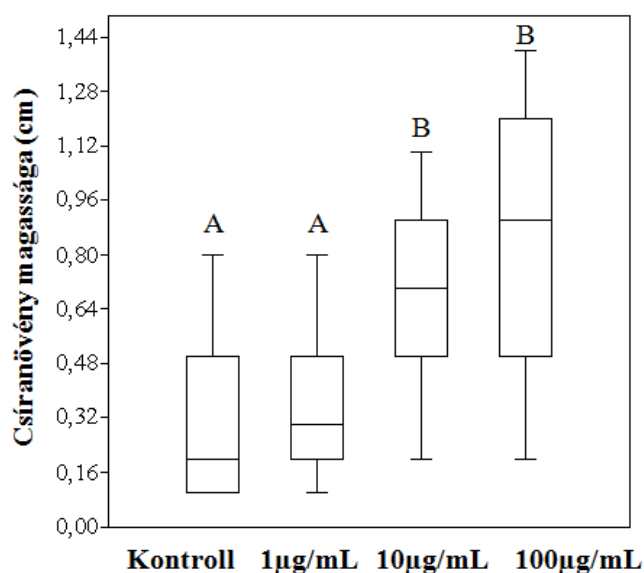
13. ábra. A vadcsicsóka leveléből készült augusztusi kivonat hatása a fehér mustár csíranövények magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p<0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A vadcsicsóka különböző szerveiből készített kivonatok a fehér mustárnál tapasztaltakhoz részben hasonlóan hatottak a **magas aranyvessző** (*Solidago gigantea* L.) szaporítóképleteinek csírázására és a csíranövények fejlődésére. A júliusban begyűjtött gyökérből készült kivonat (10 µg/mL és 100 µg/mL) statisztikailag igazolhatóan növelte ($p<0,05$) a csírázott magvak számát (14. ábra). A vegetációs periódus hátralevő részében nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható változást a magas aranyvessző csírázására vonatkozóan.



14. ábra. A vadcsicsóka gyökeréből készült júliusi kivonat hatása a magas aranyvessző magok csírázási százalékára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

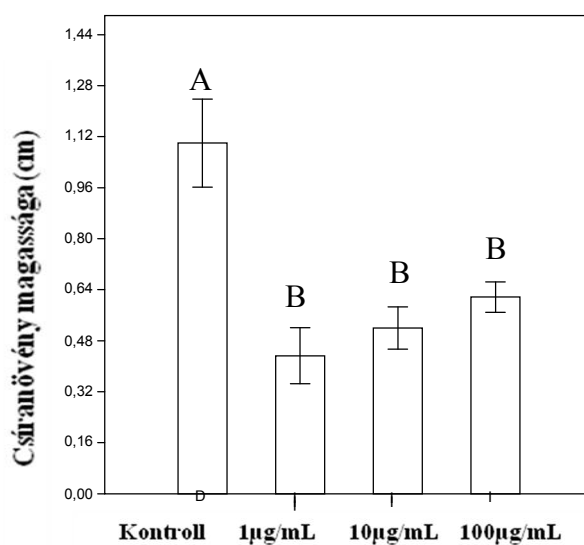
A pozitív hatás tovább folytatódott, hiszen augusztusban és októberben a levélből készült kivonat növelte a magas aranyvessző csíranövények magasságát ($p < 0,05$) (15. ábra), míg szeptemberben és októberben a gyökérből készült kivonatok két legerősebb koncentrációja (10 µg/mL és 100 µg/mL) csökkentette ($p < 0,05$) a gyökerek hosszúságát.



15. ábra. A vadcsicsóka leveléből készült októberi kivonat hatása a magas aranyvessző csíranövények magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A **giliszaűző varádics** (*Tanacetum vulgare* L.) szaporítóképleteinek csírázását statisztikailag igazolhatóan nem befolyásolták a vadcsicsóka különböző szerveiből készített kivonatok a vizsgálat időtartama alatt.

Júliusban, a vadcsicsóka levélből készített kivonatok mind a három koncentrációja (1 µg/mL, 10 µg/mL és 100 µg/mL) negatív hatást fejtett ki a csíranövények magasságára ($p < 0,05$) (16. ábra).



16. ábra. A vadcsicsóka leveléből készült júliusi kivonat hatás a giliszaűző varádics csíranövények magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

A júliust kivéve, a vizsgálati periódus többi hónapjában a vadcsicsóka leveléből készült kivonatok statisztikailag igazolható változást nem okoztak a giliszaűző varádics csíranövények magasságát illetően.

Az októberben gyűjtött, gyökérből készült kivonatok két legerősebb koncentrációja (10 µg/mL és 100 µg/mL) statisztikailag igazolhatóan csökkentette a csíranövények magasságát ($p < 0,001$) valamint a gyökök hosszúságát ($p < 0,01$) a kontrollhoz viszonyítva (1. táblázat).

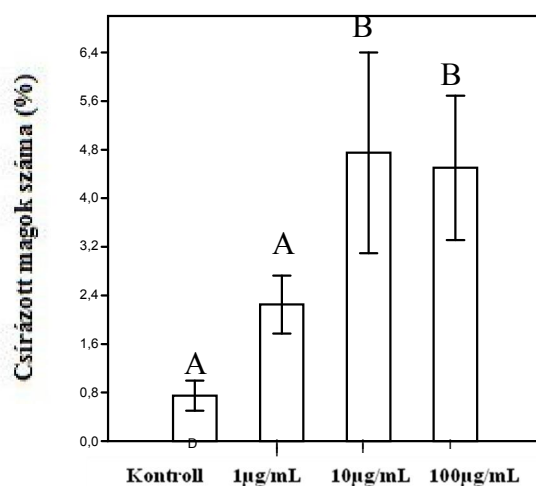
1. táblázat. A vadsicsóka gyökeréből készült októberi kivonat hatása a *Tanacetum vulgare* csíranövények magasságára és a gyökerek hosszúságára

Kivonat koncentrációja	<i>Tanacetum vulgare</i>	
	Csíranövény magassága (cm)	Gyökerek hosszúsága (cm)
0 µg/mL	0.95 ± 0,07	0.43 ± 0.04
1 µg/mL	0.78 ± 0.06	0.31 ± 0.04
10 µg/mL	0,52 ± 0.04 ***	0.25 ± 0.02 **
100 µg/mL	0.4 ± 0.04 ***	0.2 ± 0.03 ***

Kontrolltól való eltérés: p<0.05 *, p<0.01 **, p<0.001 ***

4.2. Termesztett növények

Az öt hónapon át tartó vizsgálat eredményeként elmondható, hogy a **közönséges búza** csírázására csak egyetlen egy hónapban, júliusban volt hatással a vadcsicsóka leveléből készített kivonat, amikor is számottevően megnövelte a csírázott magvak számát ($p < 0,05$) (17. ábra). A 10 $\mu\text{g/mL}$ töménységű levélkivonattal kezelt magok közül jóval több csírázott ki (19. ábra), mint a kontroll Petri-csészében elhelyezett búzamagok közül (18. ábra).



17. ábra. A vadcsicsóka leveléből készült júliusi kivonat hatása a közönséges búza magok csírázási százalékára. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

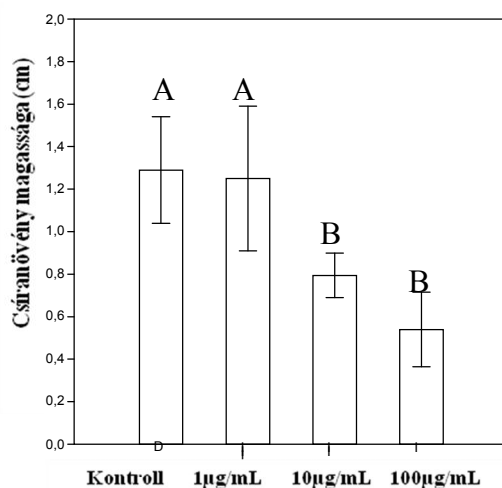


18. ábra. Júliusban a desztillált vízzel kezelt búza magokat tartalmazó Petri-csésze (6. napon)



19. ábra. Júliusban a 10 $\mu\text{g/mL}$ töménységű levélkivonattal kezelt búza magokat tartalmazó Petri-csésze (6. napon)

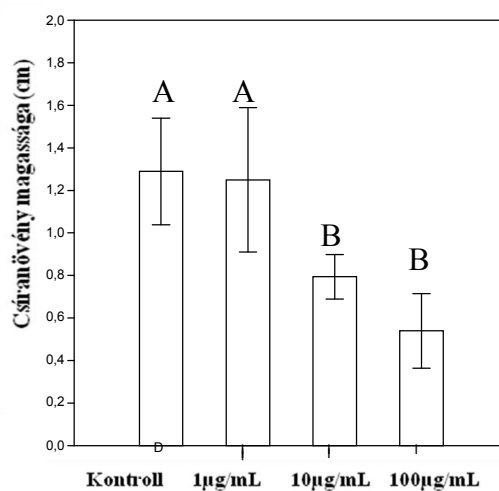
A csíranövények magasságára és gyökereik hosszúságára csak a levélből készült kivonatok voltak hatással: októberben csökkentették a csíranövények magasságát ($p<0,05$) (20. ábra), augusztusban pedig a gyökerek hosszúságát ($p<0,05$) befolyásolták negatívan a kontrollhoz viszonyítva.



20. ábra A vadcsicsóka leveléből készült októberi kivonat hatása a búza csíranövények magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p<0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

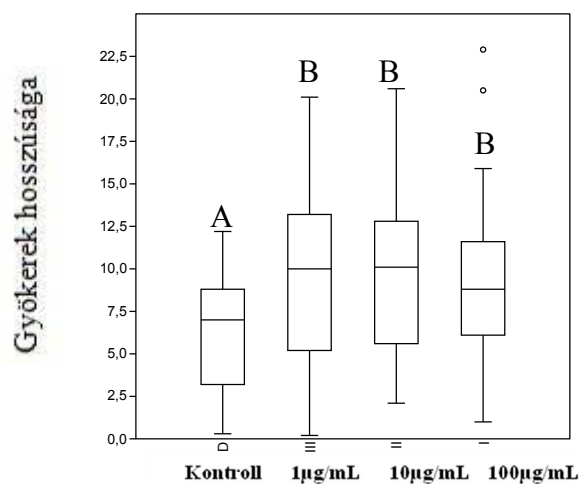
A vadcsicsóka különböző szerveiből készített kivonatok a **kukorica** szaporítóképleteinek a csírázását számottevően nem befolyásolták.

A csíranövények magasságára és gyökereinek hosszúságára statisztikailag igazolhatóan júniusban és szeptemberben a levélből készített kivonat két legerősebb koncentrációja (10 µg/mL és 100 µg/mL) fejtett ki negatív hatást ($p<0,05$) (21. ábra).



21. ábra. A vadcsicsóka leveléből készült szeptemberi kivonat hatása a kukorica csíranövények magasságára. Az eltérő betűk (A,B) $p<0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

Ezzel ellentétben pozitív hatás volt megfigyelhető júniusban és augusztusban a gyökérből készített kivonatok minden egyes koncentrációja (1 µg/mL, 10 µg/mL, 100 µg/mL) esetén, amikor is az alkalmazott kivonatok szignifikánsan megnövelték ($p < 0,05$) a gyökerek hosszúságát a kontrollhoz viszonyítva (22. ábra).



22. ábra A vadesicsóka gyökeréből készült júniusi kivonatok hatása a kukorica csíranövények gyökérhosszúságára, a kontrollhoz viszonyítva. Az eltérő betűk (A,B) $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek.

V. EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

5.1. Saját eredményeink összevetése más kutatócsoportok tapasztalataival

A vadcsicsóka allelopátiás hatását már több kutatócsoport (pl. Azania et al., 2003; Tesio et al., 2003, 2010, 2011; Vidotto et al. 2012) tanulmányozta, többek között a saját kutatásaink során is használt tesztnövények csírázását vizsgálva, így eredményeikkel saját megfigyeléseink jól összevethetőek.

Az általunk tesztelt termesztett növények válaszreakcióit Tesio és munkatársai (2003), valamint Vidotto és munkatársai (2012) is megfigyelték, mind a petricsészékben végzett, mind tenyészedenyes kísérletekben, melyeknek adatai jó összehasonlítási alapnak bizonyultak. A **kukorica** esetében az eredményeink átfednek, mivel mindhárom vizsgálat azt támasztja alá, hogy a vadcsicsóka szerveiből készült kivonatra nem reagálnak érzékenyen a kukorica csíranövények, valamint a palánták sem. Vidotto munkacsoportja a növényeket érzékenyséjük szerint három csoportba sorolta:

1. elhanyagolhatóan, vagy gyengén érzékeny növények
2. csak magas koncentrációra érzékeny növények
3. érzékeny növények

A kukoricát Vidotto et al. (2012) az első csoportba sorolták, amit saját vizsgálataink is megerősítettek, hiszen a kukoricamagok csírázási százalékát nem befolyásolták a vadcsicsóka kivonatai, illetve a csíranövények magasságára gyakorolt negatív hatást az öt vizsgálati hónapból csak kettőben tapasztaltunk. A többi esetben a vadcsicsóka kivonatok hatása vagy pozitív volt, vagy nem volt statisztikailag igazolható.

Mindkét fenti kutatócsoport vizsgálata kiterjedt a **közönséges búza** csíranövényeinek megfigyelésére is. A búza esetében augusztus és szeptember hónapban kaptunk azonos eredményeket Tesio (2003) munkacsoportjával, mivel mindkét esetben a vadcsicsóka leveléből készült kivonat gátolta a csíranövények magasságát és a gyökerek hosszúságát is. A mi vizsgálatunk a tarackból készült kivonatok hatásának vizsgálatára is kiterjedt, ami a közönséges búza esetében nem befolyásolta statisztikailag igazolhatóan a csíranövények fejlődését. Vidotto et al. 2012-ban végzett csoportosítása alapján a búza a második kategóriát képviselte, amelyet az általunk végzett megfigyelések alátámasztanak, mivel csak a két

töményebb kivonattal (10 µg/mL, 100 µg/mL) kezelt csíranövények esetén kaptunk negatív válaszreakciót.

Az elnyomó hatású vegyületek bizonyos esetekben akár hatékonyan alkalmazhatóak a biológiai növényvédelem és gyomirtás terén, így a vizsgálatunkba a termesztett növények mellé négy gyomnövény megfigyelését is bevontuk. A természetes vegetációban elterjedt növények vizsgálatára többek közt Tesio (2011) és munkatársai kutatása terjedt ki, melyben az általunk végzett vizsgálatától eltérő módszerrel, de hasonló eredményre jutottak. A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy azon a földterületen, amelyben csicsókamaradványokat hagytak, gátolt növekedésűek voltak a gyomnövénytálaták, míg a csicsókafertőzéstől mentes területeken ez nem volt megfigyelhető. Az általunk végzett Petri-csészés vizsgálat eredményei is ezt támasztják alá a négy vizsgált gyomnövény közül kettőnél (közönséges tarackbúza, gilisztaűző varádics), melyek negatívan válaszoltak a kezelésre. A közönséges galaj esetében viszont a negatív hatások mellett egyes időszakokban pozitív hatást is tapasztaltunk, a magas aranyvessző pedig a kísérleti beállítások többségében pozitívan reagált a vadcsicsóka kivonatokra.

Azania és munkatársai (2003) a vadcsicsóka allelopátiás hatását a növény gyomirtóként való hasznosítása céljából kezdték el vizsgálni. A megfigyelés keretein belül több gyomnövény érzékenységét tesztelték. A gyomnövények sorában az általunk is megfigyelt **közönséges tarackbúza** is szerepelt. Mindkét kutatás alátámasztja, hogy a közönséges tarackbúza igen szenzitív reakciót adott a vadcsicsóka jelenlétében. Statisztikailag igazolhatóan negatívan hatott a vadcsicsóka 3 hónapon keresztül mind a csíranövény magasságára, mind pedig a gyökerek hosszúságára (Azania et al., 2003), amelyet a mi eredményeink is alátámasztanak. Saját vizsgálatunk újabb adatot is szolgáltatott a vadcsicsóka és a közönséges tarackbúza kölcsönhatására nézve, mivel a csírázási százalék megállapítására is kiterjedt: a kicsírázott magok számát is jelentősen csökkentették a vadcsicsókából készült kivonatok június és július hónapokban.

A **gilisztaűző varádics** és a **közönséges galaj** csírázására vonatkozóan nincsenek korábbi szakirodalmi adatok, tehát saját eredményeink adnak elsőként információt a vadcsicsókának a fenti gyomnövények csírázására gyakorolt hatásáról. A **gilisztaűző varádics** érzékenyen reagált a kezelésre: csíráinak fejlődésére csak negatív hatást gyakorolt a vadcsicsóka gyökeréből készült kivonat. Ez a hatás júliusban és októberben volt a legszembetűnőbb. A **közönséges galaj** esetében statisztikailag igazolható befolyásoltságot az őszi hónapokban készített kivonatok esetén figyelhettünk meg. A vadcsicsóka hatása erre a

tesztnövényre nem volt egyértelmű: októberben hátrányosan, szeptemberben serkentőleg befolyásolta a galaj csíranövények fejlődését.

A vadcsicsóka kivonatok a **magas aranyvessző** csíráira egyértelműen serkentő hatással bírtak. Eredményeink a „novel weapons” hipotézis alapján magyarázhatóak, miszerint az azonos területről származó növények (mindkét növény Észak-Amerikában honos) kevésbé szenzitívek egymás jelenlétére, valamint a másik növény által kibocsátott vegyületekre. Mivel kialakulásuk és fejlődésük egyazon térben és időben történt, az általuk kibocsátott hatóanyagok nem gátolták egymás növekedését, sőt inkább segítették egymást a gyorsabb fejlődés érdekében. Ez a hipotézis a kísérletünk alapján beigazolódott, hiszen a legtöbb csicsóka kivonat elősegítette a magas aranyvessző csíranövények csírázását, növekedését. A júliusi gyökérből készült két legtöményebb kivonat statisztikailag igazolhatóan növelte a csírázott magvak számát, augusztusban és októberben a levélből készült kivonat is növelte a magas aranyvessző csíranövények magasságát. Ezzel ellentétben, szeptemberben és októberben a legkoncentráltabb gyökérkivonat csökkentette a gyökerek hosszúságát.

A **fehér mustár** a csíráztatási kísérletekben leggyakrabban alkalmazott tesztnövény, vadcsicsókával való kezelésére mégsem találtunk adatokat a szakirodalomban. Eredményeinket a csicsókával azonos családba tartozó parlagfűvel (*Ambrosia artemisiifolia*) végzett kísérlettel vetettük össze, mely Brückner (1998) nevéhez fűződik. A kísérlet során a parlagfű allelopátiás hatását vizsgálta levél és kaszat extraktumok segítségével különböző hígításokban (5000, 3000, 1000 és 500 mg kg⁻¹). A vizsgálandó növények között a fehér mustár is szerepelt. Magasabb koncentrációk esetén a kivonat a csírázott növények magasságára, valamint a kicsírázott magok számára egyaránt szignifikánsan gátló hatást gyakorolt. Összevetve a parlagfű és a vadcsicsóka hatásait, ellentét figyelhető meg. Az általunk végzett kísérlet során mind a gátló, mind pedig a serkentő hatás érvényesült: a nyári hónapokban a vadcsicsóka mindkét szervéből készült kivonat statisztikailag igazolhatóan pozitívan hatott a csíranövények fejlődésére; majd az őszi hónapokban a hatás megfordult, a kivonatok gátlóan befolyásolták a mustár csíráinak növekedését.

Kísérleteink eredményei rámutatnak arra is, hogy a **vegetációs periódus különböző időszakában** egyes tesztnövények eltérő módon reagáltak a vadcsicsóka kivonataira.

Így például a **közönséges galaj** (*Galium mollugo*) csíranövényeinek fejlődését szeptemberben fokozta a vadcsicsókából készült kivonat, míg októberben jelentősen csökkentette a csírák magasságát és a gyökerek hosszúságát. A **termesztett búza** (*Triticum*

aestivum) csírázását júliusban serkentette, míg augusztusban és októberben gátolta a vadcsicsóka. Hasonló tendenciát figyeltünk meg a **fehér mustár** (*Sinapis alba*) esetében: csírázását a nyári hónapokban (júniustól augusztusig) begyűjtött vadcsicsóka szervekből készült kivonatok elősegítették, míg az őszi hónapokban (szeptembertől októberig) negatívan befolyásolták.

Adataink azt valószínűsítik, hogy a vadcsicsóka vegetációs periódusának elején és közepén kibocsátott allelokemikáliák segítik egyes növények fejlődését, vagy ebben az időszakban még nem dúsulnak föl benne a más növények csírázását gátló vegyületek. A csicsóka negatív hatása csak a vegetációs periódus vége felé jelentkezett, amikor gyökere és az általa termelt vegyületek legnagyobb eséllyel kerülnek kapcsolatba a talajba hulló magokkal, és így azok csírázási időszakában tudják érvényesíteni gátló hatásukat.

5.2. Következtetések

Az eredményeink alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- A **termesztett növények** közül a **kukorica** (*Zea mays*) csírázását gátolták legkevésbé a vadcsicsóka kivonatok, míg a **búza** (*Triticum aestivum*) és a **fehér mustár** (*Sinapis alba*) csírázására egyes időszakokban serkentően, máskor gátlóan hatottak a csicsókakivonatok. Megállapíthatjuk tehát, hogy a kukorica nem tartozik a vadcsicsókára érzékeny növények sorába, a búza és a fehér mustár esetében pedig további vizsgálatok szükségesek annak eldöntésére, hogy a vadcsicsóka hatása döntően pozitív vagy negatív a csírázásukra.
- A **tesztelt gyomnövények** közül a **közönséges tarackbúza** (*Elymus repens*) és a **giliszaűző varádics** (*Tanacetum vulgare*) csírázására a vadcsicsókából készült kivonatok gátló hatást gyakoroltak, ami valószínűsíti, hogy ezeket, a kezelésre szenzitíven reagáló fajokat a vadcsicsóka a természetes állományokban is elnyomhatja.
- A vadcsicsóka kivonatoknak a **közönséges galaj** (*Galium mollugo*) csírázására gyakorolt hatása nem volt egyértelmű: szeptemberben pozitív, míg októberben negatív hatást figyeltünk meg. Mivel az eredmények részben ellentmondásosak, további vizsgálatok elvégzését tervezzük annak tisztázására, hogy milyen mértékben befolyásolja a vadcsicsóka allelopátiás hatása a közönséges galaj csírázását.
- A **magas aranyvessző** (*Solidago gigantea*) csírázását döntően pozitívan befolyásolták a vadcsicsóka kivonatai. Ez a megfigyelés jól magyarázható a “Novel Weapons” (Új Fegyverek) hipotézissel, miszerint egyes invazív fajok azáltal jutnak kompetíciós

előnyhöz, hogy az előzőnlött régióban élő növények nem, vagy kevésbé tudnak alkalmazkodni az idegen földrésről bekerülő faj által kibocsátott bioaktív vegyületek hatásához, míg az azonos földrésről származó fajok (ld. *H. tuberosus* és *S. gigantea*) az inváziós területen sem gátolják egymást, sőt akár elő is segíthetik egymás terjedését.

Eredményeink arra engednek következtetni, hogy a csicsókával egy állományban előforduló érzékeny fajok csökkenő borítási értékeinek hátterében legalább részben a csicsóka gátló, allelopátiás hatású vegyületei állnak. Azonban az a megfigyelés, miszerint a négy vizsgált, természetes vegetációban előforduló faj közül egynek a fejlődését nem befolyásolta hátrányosan a vadcsicsóka, azt valószínűsíti, hogy az allelopátiás hatáson kívül más tényezők is hozzájárulhatnak a *H. tuberosus* invazív jellegéhez.

5.3. További tervezett vizsgálatok

Ahogy a fentiekben is jeleztük, több esetben további vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy megbizonyosodjunk a vadcsicsóka kivonatok gátló vagy serkentő hatásáról teszt növényeink csírázására vonatkozóan.

Az eredményeink megerősítése céljából jelenleg zajlik egy tenyészedényes vizsgálat, amelyet 2014 áprilisában állítottunk be, és augusztusban tervezzük kiértékelni. A tenyészedényes vizsgálatok során négy baranya-megyei vízfolyás mentén begyűjtött vadcsicsóka palánták elültetésére került sor. Az eddig is megfigyelt gyomnövények (*Elymus repens*, *Galium mollugo*, *Tanacetum vulgare*, *Solidago gigantea*) csíranövényeit ültettük a vadcsicsókák mellé. Kontrollként az önállóan elültetett gyomnövénycsírákat alkalmazzuk. Augusztusban biomasszákat mérünk, valamint a talajok kiértékelését tervezzük.

Továbbá, a közeljövőben HPLC-MS segítségével standardok jelenlétében a vadcsicsóka allelopátiás sajátosságáért felelős hatóanyagok azonosítását tervezzük. A szakirodalom alapján ezért a tulajdonságért felelős vegyületek közé a fenolsavak, és a szekszviterpén laktonok tartoznak. Így az analitikai meghatározás során elsősorban aromás szerves vegyületek, valamint terpenoid típusú vegyületek azonosítását helyezzük előtérbe. A vadcsicsóka bioaktív anyagainak időbeli mennyiségi és/ vagy szerkezeti változásaira is ki fogunk figyelni a megfigyeléseink, hiszen a hónapról hónapra (júniustól októberig) begyűjtött levél és tarack minták összetételének meghatározását, majd összehasonlítását tűztük ki célul.

VI. ÖSSZEFOGLALÁS

A vadcsicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) hazánk agresszív özönnövénye. Gyors terjedésében kiemelkedő szerepe lehet a növény allelopátiás hatásának, melynek révén gátolja a környezetében lévő fajok csírázását vagy fejlődését.

Vizsgálatunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a csicsóka leveléből és gyökeréből készült kivonatok (1, 10 és 100 µg/ml) júniustól októberig hogyan befolyásolják néhány termesztett illetve vadon élő növény csírázását és a csíranövények fejlődését. A csíráztatás Petri-csészékben történt, kontrollként desztillált vizet alkalmaztunk. A kísérlet hatodik napján megszámoltuk a csírázott magokat (%) és megmértük a csíranövények magasságát (cm), a gyökök hosszúságát (cm). A statisztikai elemzést (ANOVA) Past 2.17b program segítségével végeztük el.

A közönséges búza (*Triticum aestivum*) csírázási százalékát a júliusi levélkivonat szignifikánsan ($p < 0,05$) növelte, míg a kukorica (*Zea mays*) csírázását a csicsókakivonatok nem befolyásolták. A búza csíranövények magasságát és a gyökök hosszúságát szignifikánsan ($p < 0,05$) csökkentette az augusztusi és októberi levélkivonat. Júniusban és szeptemberben a levél kivonata szignifikánsan ($p < 0,05$) csökkentette, míg a gyökér kivonata növelte a kukorica csíranövények magasságát és gyökereinek hosszúságát.

A gyomnövények közül a közönséges tarackbúza (*Elymus repens*) és a gilisztaűző varádics (*Tanacetum vulgare*) esetében a csicsókakivonatok gátló hatása érvényesült: a nyári kivonatok csökkentették ($p < 0,05$) a közönséges tarackbúza csírázási százalékát, az őszi kivonatok pedig mindkét növény csíráinak magasságát ($p < 0,001$; $p < 0,01$) és gyökereik hosszúságát ($p < 0,01$). A közönséges galaj (*Galium mollugo*) és a fehér mustár (*Sinapis alba*) esetében serkentő és gátló hatást is tapasztaltunk. A magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) pozitívan reagált a kezelésre: a júliusi, augusztusi és októberi levélkivonatok növelték a csírázott magok számát ($p < 0,05$) és a csíranövények magasságát ($p < 0,05$).

Megfigyeléseink jól magyarázhatóak az "Új Fegyverek" hipotézissel, miszerint az idegen földrésről bekerülő inváziós faj által kibocsátott bioaktív vegyületek hatásához az előzőnlött régióban élő növények nem, vagy kevésbé tudnak alkalmazkodni, míg az azonos földrésről származó fajok az inváziós területen sem gátolják egymást, sőt akár elő is segíthetik egymás terjedését. Eddigi eredményeink megerősítése céljából további, tenyészedényes vizsgálatokat tervezünk.