

DEBRECENI EGYETEM
KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Holb Imre
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil. Radócz László
egyetemi docens, CSc

**Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth) biotikus reakciói
és terjedési vizsgálata a Tiszántúl régióban**

Készítette:

Szilágyi Arnold
doktorjelölt

Debrecen

2023.

Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth) biotikus reakciói és terjedési vizsgálata a Tiszántúl régióban

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztési és kertészeti tudományágban

Írta: Szilágyi Arnold okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti
Tudományok Doktori Iskolája
(Növénytermesztési és kertészeti tudományok programja) keretében

Témavezető: Dr. habil. Radócz László, egyetemi docens

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Dr. Pepó Péter
tagok: Dr. Marton Lajos Csaba
Dr. Tóth Elemér

A doktori szigorlat időpontja: 2023. március 22.

Az értekezés bírálói:

.....
.....

A bírálóbizottság:

elnök:
tagok:
.....
.....
.....

Az értekezés védésének időpontja: 20...

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1	A növényi invázióval kapcsolatos fogalmak	6
2.2	Az allelopátia jelensége, hazai helyzete	8
2.3	Az allelopátiáért felelős vegyületek	8
2.4	Az allelo-kemikáliák kijutása a növényekből és azok felvétele	10
2.5	Az allelo-kemikáliák hatásmódja	11
2.6	Az allelopátia változása	12
2.7	Az allelopátia kutatás Magyarországi helyzete	15
2.8	Az ázsiai gyapjúfű (<i>Eriochloa villosa</i> (Thunb.) Kunth)	16
2.8.1	Az ázsiai gyapjúfű elnevezése és rendszertani besorolása	16
2.8.2	Az ázsiai gyapjúfű származása és elterjedése	16
2.8.3	Az ázsiai gyapjúfű morfológiája, jellemzése	18
2.8.4	Élőhelyi igényei	21
2.8.5	Az ázsiai gyapjúfű gazdasági jelentősége és kártétele	22
2.8.6	Az ázsiai gyapjúfű szaporodásbiológiája és terjedése	23
2.8.7	A mezőgazdasági veszélye Európában	25
2.8.8	Az ázsiai gyapjúfű elleni védekezési lehetőségek	25
2.8.9	Az ázsiai gyapjúfű és a növényevő állatok, kórokozók és paraziták kapcsolata	26
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	28
3.1	Az ázsiai gyapjúfű terjedésdinamikai megfigyelése, illetve monitoringja a Hajdúság kistájegység területén	28
	<i>Természetes terjedés és az emberi úton való terjesztés vizsgálata</i>	30
3.2	Az ázsiai gyapjúfű allelopatikus tulajdonsága	31
3.2.1	Az ázsiai gyapjúfű allelopatikus tulajdonságának és a juglon-index vizsgálata	31

3.2.2	Az ázsiai gyapjúfű allelopátia okozta biotikus válaszreakció vizsgálata takarmány kukoricán	35
3.3	Az ázsiai gyapjúfű elleni biológiai védekezés lehetősége	39
4	EREDMÉNYEK	40
4.1	Az ázsiai gyapjúfű terjedés dinamikája és monitoringja a Hajdúság kistájegység területén.....	40
4.2	Az ázsiai gyapjúfű allelopátikus tulajdonsága	44
4.2.1	Az ázsiai gyapjúfű allelopátikus hatásának vizsgálata a növény különböző részeinek vonatkozásában	44
4.2.2	Az ázsiai gyapjúfű allelopátiájának vizsgálata különböző koncentrációkkal a fehér mustár esetében	50
4.2.3	Az alkalmazott csírázási teszt eredményei a juglon-index meghatározására	53
4.2.4	Az ázsiai gyapjúfű jelenléte által előidézett válaszreakció vizsgálata Armagnac kukorica hibriden	57
5	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	68
6	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	76
7.	GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	78
8	ÖSSZEFOGLALÁS	79
9	SUMMARY	82
10	IRODALOM	85
11.	PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	101
12.	NYILATKOZATOK	106

1 BEVEZETÉS

Világviszonylatban a biodiverzitást leginkább veszélyeztető tényezők között az egyik legnagyobb jelentőségű a nem őshonos, úgynevezett **inváziós fajoknak** a terjedése. Az inváziós növényfajok jelentős természetvédelmi-, erdészeti-, mezőgazdasági-, egészségügyi- és gazdasági kárt tudnak okozni (Csiszár, 2012). Inváziós vagy idegenhonos fajokról akkor beszélünk, ha azok a természetes elterjedési területeiken kívül fordulnak elő, ott képesek megtelepedni és térhódításukkal az adott terület természetes életközösségét degradálják, esetleg eltüntetik. E fajok terjedése általában emberi közreműködéssel zajlik. Az idegen fajok (amennyiben megtelepedtek) csak akkor lesznek invázivak, ha valamilyen sajátosságuk erre képessé teszi őket. Ilyen lehet például az intenzív szaporodó képesség, a környezethez való gyors alkalmazkodás, a jó kompetíciós képesség vagy az agresszivitás (Nagy *et al.*, 2020). Az idegen növényfajok inváziója a biodiverzitás csökkenésének egyik fő oka a szárazföldi ökoszisztémákban (Csecserits *et al.*, 2016). Magyarországi körülmények között a rendszerváltás magával hozta a megváltozott tájhasználatot, amely nagyban kedvezett az inváziós növények térnyerésének (Botta-Dukát, 2017). Az inváziós növények egyik csoportja képes a biotópok átalakítására, amellyel az ökoszisztémák egyedi sajátosságát, megjelenését képesek jelentős mértékben megváltoztatni. Hazánkban közel 150-re tehető a meghonosodott neofiton fajok vagy az új jövevénynövények száma, amelyből 30-40 növényfajt tekinthetünk valóban inváziósnak (Mihály - Botta-Dukát, 2004).

Ilyen veszélyes, inváziós faj a *Poaceae* családba, illetve az *Eriochloa* nemzetséghez tartozó ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth) is. Ez egy kelet-ázsiai származású növény, amely a világ több pontján is megtalálható és a mezőgazdasági kultúrákban (főleg a kapásnövényekben) károsít. A faj jelentős invazív jellegére utal az, hogy a FAO Európai és Földközi-tenger Melléki Szervezetének (EPPO) megfigyelési listáján is megtalálható (Virók *et al.*, 2020). Napjainkban a világ egyik jelentős gazdasági kárt okozó özönnövénye. Az 1940-es évektől Észak-Amerikában adventív fajként terjedt. Európában is egyre több országában figyeltek fel a gyors terjedésére és gazdasági kártételére. Magyarországon először az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés során találta meg Partosfalvi Péter, Madarász János és Dancza István ezt a növényt Miskolc mellett, Gesztely község határában (Partosfalvi *et al.*, 2008). Ezt követően (néhány év

leforgása alatt) az ország több pontján is megfigyelték az ázsiai gyapjúfű megjelenését (Virók *et al.*, 2020).

Növényvédelmi szempontból egy nehezen irtható, problémás gyomnövény, mivel a kelése elhúzódó, ezért a herbicidek hatását jórészt el tudja kerülni, valamint a gyomirtószerekkel szembeni nagyfokú ellenállóságot mutat (Somogyi *et al.*, 2011).

A kutatómunkám céljai az *Eriochloa villosa* terjedési dinamikájának a vizsgálata Debrecen határában, továbbá vizsgáltam a növény-növény közötti interferencia egyik inváziós eszközét az allelopátiát, valamint ennek hatását a kukorica kultúrnövény morfológiai és fiziológiai paramétereire, valamint esetleges biológiai védekezés lehetősége az ázsiai gyapjúfű ellen.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A növényi invázióval kapcsolatos fogalmak

Az inváziós faj vagy özönfaj, mint kifejezést sokféle módon értelmezhetjük, ezért érdemes ezt pontosítani. A leggyakrabban használt definíció szerint, a biológiai invázió nem más, mint a nem őshonos növényfajoknak az új területen történő megjelenése és terjedése.

Többnyire ezek a gyomnövények jelentős természetvédelmi, illetve gazdasági kártételért felelősek. Az idegenhonos növények megjelenéséért sok esetben az ember a felelős, mert a növények behurcolásával (amely lehet szándékos vagy véletlenszerű) jelentősen elősegíti e fajok elterjedését. Az emberi terjesztés bizonyítása meglehetősen nehéz. Ezért az őshonos növényeket úgy definiálják, hogy a neolitikum előtti időszakban (emberi tevékenység nélkül) az adott területen már megtalálható volt az illető növény (Botta-Dukát *et al.*, 2004).

Az inváziós fajok jelentős problémát okoznak azzal, hogy az élőhelyeket átfomálják a megtelepedésük után. Kompetíciós képességük általában erősebb az őshonos növényhez viszonyítva. Így árnyéktűrőbbek, vízigényük általában kisebb, fejlődésük is gyorsabb és gyakran allelopátiás hatással is rendelkeznek stb. (Mack *et al.*, 2000).

Manapság a szárazföldünk közel egyharmada átfomálódott, ami leginkább az invazív növény- és állatfajoknak köszönhető (Perring – Ellis, 2013).

Az emberi tevékenységnek köszönhetően (a környezet megzavarásával) az őshonos élőhelyeket átfomálják. Emellett a gépeknek is jelentős szerep juthat az invazív növények széthordozásában és terjesztésében (Sanderson *et al.*, 2002; Mascaro *et al.*, 2013). A mezőgazdasági munkáknak is jelentős az élőhely átalakító hatásuk (a talaj fizikai és kémiai szerkezetét, a vízgazdálkodást befolyásolja a művelés, vagy akár a növényvédelmi beavatkozások stb.), amelyek végső célja a termelés maximalizálása. Ez az átalakító hatás sokszor kedvez az özönnövények térnyerésének. Az erdészeti területek kitétsége (minimális talajforgatás, korlátozott herbicid felhasználás stb.) is kedvezhet az ilyen növények terjedésének (Lugo, 2004; Mascaro *et al.*, 2013).

Az inváziós növények terjedését elősegíti az is, hogy a biotikus- és abiotikus környezeti tényezőket tekintve elég nagy a tűréshatáruk. Az a terület veszélyeztetett leginkább, amely nagyban hasonlít az invazív fajok eredeti élőhelyére. A jövevény növény terjedését segíti az, hogy az új élőhelyén minimális vagy esetlegesen teljesen hiányzik a természetes ellenségek közössége, így a reprodukciós rátájuk (az ottlévő, őshonos fajokkal szemben) sokkal nagyobb. Ennek következtében az új területen gyorsan szaporodnak és terjednek (Mack *et al.*, 2000; Williamson – Fitter, 1996; Botta-Dukát *et al.*, 2004).

A megváltozott élőhely hatással van az ott élő állatvilágra, illetve akár a humán populációra is. Az inváziós gyomfajok elősegíthetik egyes veszélyes kórokozók terjedését is pl. egyes invazív gyomfajok hatására az afrikai hegyvidékeken kimutatták, hogy az átalakult élőhelyeken a malária kórokozója (*Plasmodium* sp.) is jobban tudott terjedni (Yakob, 2013).

Az invazív növények gyors reprodukciója miatt az özönnövények felé tolódik el a növénytársulások elegyaránya. Mindezekon felül sokszor megfigyelhető az is, hogy allelopátiás hatással is rendelkeznek, amely a talajéletre is hatással van, ezáltal a terület fajösszetételét is befolyásolják (Hejda *et al.*, 2009). Mindezek hatására mérséklődik a terület fajgazdagsága, összetétele, egyenletessége, ami akár egyes őshonos növények kiszorulásával, eltűnésével is járhat (Jäger *et al.*, 2009).

Az özönnövények által termelt allelo-kemikáliák a talajba kerülve befolyásolják az élőlények közötti mikorrhiza kapcsolatot, ami hatással van az őshonos fajok tápanyag-felvételére és a növény - mikorrhiza partner közötti kapcsolatokra (Zeng – Mallik, 2006; Weir, 2007).

A vélemények megoszlanak abban a tekintetben, hogy mely fajokat tarjuk inváziós növényeknek. Ez akár országonként is eltérhet, és a meghonosodásuk előre haladtával is változhat (Chytrý *et al.*, 2005; Csiszár, 2006). Ilyen invazív gyomnövény az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth) is, amelyet az első észleléséhez képest, mára már Magyarország több pontján is leírták (Follak *et al.*, 2020).

2.2 Az allelopátia jelensége, hazai helyzete

A növények egymásra gyakorolt hatásai nem magyarázhatóak meg minden esetben a fajok kompetíciós képességével, sok esetben más hatást is figyelembe szükséges venni (Rice, 1984; Narwal, 1994; Weidenhamer, 1996).

Az egyik ilyen tényező a növényi allelopátia, amely a növények között kialakuló, serkentő- vagy gátló jellegű, biokémiai kölcsönhatást jelent (Molisch, 1937; Szabó, 1984). Az allelo-kemikália a növény bármely részében megtalálható, akár még a termésben, illetve a magban is (An *et al.*, 1998; Béres, 2000).

A kibocsátó (donor) növényre jellemző, hogy ezek az anyagok könnyen kioldódnak a szövetek közül és a befogadó vagy akceptor növénybe pedig könnyen bejut, ahol gyorsan transzlokálódhatnak és valamilyen élettani folyamatot befolyásolnak. Az allelo-kemikáliákra jellemző, hogy általában vízben jól oldódnak és a hatásukat a töménységtől függően fejtik ki (Szabó, 1997a).

Molisch allelopátia értelmezését többen is módosították, átfogalmazták. Brückner és munkatársai (2001) úgy gondolják, hogy növény-talaj-növény, valamint növény-mikroorganizmus-növény között létrejött kölcsönhatás.

Inderjit és Foy (2001) értelmezésében egy interferencia, amelyet a talaj közvetít. A különféle definíciók közötti eltérések ellenére megállapítható, hogy a magasabb rendű növények egymás között, valamint a mikroorganizmusok között kialakult kölcsönhatásokat jelenti, ami lehet akár negatív vagy éppen pozitív is.

2.3 Az allelopátiáért felelős vegyületek

Az allelopátiáért felelős vegyületek száma nagy, viszont csak korlátozott számban ismertek az allelo-kémiai anyagok (Mushtaq *et al.*, 2018), amelyeket Rice (1984) az alábbiak szerint csoportosított:

1. Vízoldható vegyületek, amelyek lehetnek szerves savak, alkoholok, aldehidek, ketonok.
2. Telítetlen laktonok.
3. Zsírsavak és poliacetilének, amelyek hosszú szénlánccal rendelkeznek.
4. Kinonok.
5. Fenolok, benzoésavak, valamint ezek származékai.
6. Fahéjsav és azok származékai.
7. Kumarinok.
8. Flavonoidok.
9. Tanninok.
10. Terpenoidok és szteroid típusú vegyületek.
11. Aminósavak és polipeptidek.
12. Alkaloidok, valamint cianohidridek.
13. Szulfidok, valamint mustárolaj glükózid származékok.
14. Purinok, valamint nukleozid származékok.
15. Az előbbi csoportokhoz közel álló, hasonló vegyületek.
16. Kémiailag még nem pontosan meghatározott, gátló vegyületek.

A vizsgálatok során kimutatható, hogy az allelopátiáért felelős anyagok jelentős része az ecetsav és annak származékai köréből kerül ki. Ezek általában a sikiminsav úton képződnek (Rice, 1984; Mandava, 1985).

Fraenkel (1959), valamint Whittaker és Feeny (1971) szerint az allelopatikus vegyületek jelentős része egy-egy anyagcsere folyamatnak a másodlagos terméke, amiknek a jelenléte folyamatosan változhat, így az anyagcsere egyes folyamataiban jelentős szerepet valószínűsíthetően nem játszanak. A későbbi kutatások rámutattak, hogy ezek az anyagok a növények életében egy fontos feladatért felelősek: leginkább a stresszhelyzetek átvészelésében, vagy megbetegedések elleni védekezési reakciókban van szerepük (Zeevaart, 1980; Cornish – Zeevaart, 1985; Szabó, 1994; Amakura *et al.*, 2000; Award *et al.*, 2001).

2.4 Az allelo-kemikáliák kijutása a növényekből és azok felvétele

A képződött allelo-kemikáliák a növényekből több módon is kijuthatnak a környezetükbe. Ezek a kibocsátási módok a következők:

1. Párolgatás útján történő kibocsátás: Ezek a vegyületek gáz halmazállapotúak, általában illékony terpének, terpenoidok. Ilyen anyagokat termelnek pl. *Salvia*, *Artemisia*, *Eucalyptus* fajok (Rice, 1984; Mandava, 1985). Az ilyen vegyületek sokféleségére utal az is, hogy pl. az alma gyümölcsből több mint harminc ilyen anyagot, valamint ezek származékait sikerült kimutatni (Grümmer, 1955).
2. Gyökéren keresztüli kiválasztás: a növények gyökéren keresztüli allelo-kemikália kiválasztása sokféle lehet. Ezeknek az anyagoknak végső soron akár csírázásgátló vagy növekedésgátló hatásuk is van. Ilyen vegyületek pl. az allicin, klorogénsav, o-kumarinsav, juglone, p-hidroxi-benzaldehid, fahéjsav és ezek származékai stb.
3. Kimosódás eső vagy harmat által: A növények hajtásaiból, illetve gyökereiből, esetleg a kimosódás után válnak aktívvá a talajban olyan anyagok, amelyek a gátlást fogják előidézni. Ilyen vegyületek a kumarin, kávéssav, klorogénsav, p-kumarinsav, ferulasav, florizin stb.
4. Növényi részek elbomlása során keletkező vegyületek, illetve mikroorganizmusok tevékenysége során felszabaduló anyagok. Ilyen vegyületek: vízben rosszul oldódó flavonoidok, amigdalinnak és a fenolsavnak a származékai (Rice, 1984; Mandava, 1985; Blum, 1998).

Botz és munkatársai (2001) vizsgálták a befogadó növényekben a fenoloid és az alkaloid típusú vegyületek felvételét, valamint szállítását. Ezeket mesterségesen adagolták a kísérlet során.

Az allelopátia egy stresszfaktornak is tekinthető, amivel a növényeknek az élőhelyükön együtt kell élni. Ezért a gyomnövények okozta közvetlen kártételi formák között az allelopátiát is célszerű megemlíteni (Brückner – Szabó, 2001). Az előbbieken említett szerzőpáros arra is rámutatott, hogy az allelo-kemikáliák a gyökerek normál aktivitását is gátolják, ugyanakkor a penetráció gyorsabb volt például a juglon és a katechin esetében. Azt is kimutatták, hogy a vegyületek között különbség volt tapasztalható a transzlokációs képességben, a növényen belüli felhalmozódás helyében, valamint annak mértékében is. Sokszor volt tapasztalható, hogy a kéreg parenchima-

szövetekben koncentráálódtak ezek az anyagok (pl. juglon, tannin, atropin, káfein), illetve a kambium rész mentén (pl. katechin). A levelekben a vegyületek egy része csak csökkent mennyiségben volt kimutatható, vagy csak nyomokban fordult elő (pl. atropin, skopolamin, belladonin stb.). Volt ugyanakkor olyan vegyület is, aminek az aránya a levelekben nagyobb volt (pl. káfein).

2.5 Az allelo-kemikáliák hatásmódja

Az allelopátiának kitett növényekben számos változás volt megfigyelhető, amit sok vegyületnek tulajdonítottak, valamint egy-egy vegyület (sok esetben) több életfolyamatra is hatással volt (Colton – Einhellung, 1980; Cutler – Cole, 1983; Rice, 1984; Mandava, 1985; Balke, 1985; Einhellung *et al.*, 1985; Béres, 2000; Szabó, 1999; Botz *et al.*, 2001; Czarnota *et al.*, 2001; Kazinczi *et al.*, 2001). Az allelo-kemikáliák gátló hatása a következő életfolyamatokra vonatkozóan volt tapasztalható:

1. Sejtosztódást és megnyúlást gátlók (pl. kumarin, fahéjsav, szkopoletin).
2. Hormonrendszerre ható vegyületek (pl. szkopoletin, p-kumarinsav, ferulasav).
3. Membrán permeabilitására ható vegyületek (pl. karboxiatraktilozid, fahéjsav, terpének).
4. Ásványi anyagok felvételére ható vegyületek (pl. korogénsav, fenolsavak, ferulasav, hidrokinon).
5. Gázcsere nyílásokra ható vegyületek (pl. szkopoletin).
6. Vízháztartást befolyásoló vegyületek (pl. ferulasav, p-kumarinsav).
7. Fotoszintézisre ható vegyületek (pl. sorgoleon, kávéssav, transz-fahéjsav, p-kumarinsav).
8. Légzésre ható vegyületek (pl. alkaloidok, terpenoidok).
9. Fehérjészintézisre, lipidek és szerves savak metabolizmusára ható vegyületek (ferulasav, kumarin).
10. Porfirin szintézist gátolják a *Rhizobium* baktériumok által termelt vegyületek.
11. Egyéb enzimek működését gátló vegyületek (pl. klorogénsav, flavonoidok, tannin).
12. Vízháztartást és a xylem elemeknek a működését gátolják a vízoldható glikopeptidek.

Az előbb felsorolt hatásokon kívül azt is figyelembe kell venni, hogy a növények a környezetük megváltoztatásával közvetett módon is képesek hatni egymásra. Ebbe a hatásba beletartozik a talaj felvehető tápanyag készletének megváltozása, a növények és a velük együtt élő mikroorganizmus közösségek összetételének átalakítása stb. (Béres, 2000). Vizsgálatok kimutatták, hogy a fekete üröm (*Artemisia vulgaris*) kivonatának, valamint a talajba kevert növényi részeinek a hatása megemelte a fenol vegyületnek a szintjét, ami gátolta a felvehető nitrogén mennyiségét a talajból. Ennek következtében a vizsgált növény fejlődése lényegesen visszamaradt a kontroll növényekhez viszonyítva. A gátlás akkor is fennmaradt, ha a nitrogént pótolni próbálták a talajban. Az aktív szén adagolása viszont a gátlást csökkentette, ami vélhetően a képződött fenol vegyületeket lekötő képességének volt köszönhető (Inderjit – Foy, 2001).

Sok gyomnövényénél (pl. *Xanthium strumarium*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Digitaria sanguinalis* stb.) kimutatható volt az, hogy különböző mértékben képesek gátolni az *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas* fajoknak az aktivitását, fejlődését a talajban (Rice, 1964). További vizsgálatok kimutatták azt is, hogy az *Ambrosia artemisiifolia* növényből készült kivonat blokkolta a talajlakó algák tevékenységét (*Chlorella vulgaris*, *Chlamidomonas* spp.), amelyek sok növénynek az életműködését jelentős mértékben befolyásolják.

2.6 Az allelopátia változása

Jelentős számú vizsgálat igazolta, hogy a két növény közötti allelopátia különböző fenológiai állapotban más-milyen intenzitású, valamint különféle irányú is lehet. Sokszor előfordulhat az is, hogy egy-egy faj allelopátiájának vizsgálata során más, hasonló jellegű tesztek egymásnak ellentmondó eredményeket adnak, sőt ezek a hatások akár ellentétesek is lehetnek. Ennek valószínűleg az lehet az oka, hogy egy növényen belül nemcsak egy molekulatípusnak van hatása, valamint az ökológiai tényezőknek (abiotikus és biotikus) is jelentős befolyásoló hatása van az eredményekre (Szabó, 1999).

Hasonló megfigyeléseket írt le Inderjit és Foy (2001), akik az allelopátia hatását befolyásoló, külső tényezők között említik a talajok kémiai (szerves anyagok, ionok), fizikai (összetétel, nedvesség tartalom) tulajdonságait, a biológiai aktivitásukat (mikroorganizmusok), a klimatikus tényezőket, valamint egyéb növények jelenlétét is.

Ilyen ellentmondó megfigyelés tapasztalható, Béres (1983) tanulmányában, amelyben leírta, hogy az *Ambrosia artemisiifolia* a vizsgálati körülmények között allelopatikus képességekkel nem rendelkezik, majd egy későbbi kutatásában már arról ír, hogy a parlagfűnek a hajtáskivonata gátolta a kukorica, napraforgó, szója, borsó fejlődését (Béres *et al.*, 2001).

Hasonló eltérés figyelhető meg akkor is, amikor ugyanazon növénynek vizsgálták a gátló hatását azonos tesztnövényen. Béres és munkatársai (2001) szerint a mezei aszatnak a híg vizes és alkoholos kivonata (4g/100ml) csírázásgátló hatást mutatott a búza, a napraforgó és a kukorica vetőmagokra. Ugyanakkor Torma és Bereckiné (2004) kutatásában viszont csak az 50%-os kivonat volt hatásos a vetőmagok csírázásának gátlásában.

Az allelopátia vizsgálatok eredményeire hatással van a kivonat készítéséhez használt növényi rész (levél, szár, gyökér) is, valamint annak fejlettségi állapota és az allelo-kemikália kivonásának a módszere (Kazinczi *et al.*, 1991; Béres *et al.*, 2001).

Az allelopátia mikroorganizmusokra gyakorolt hatásának vizsgálata közben figyelték meg azt, hogy az azonos gyomfajokból, de eltérő időpontban készített növényi kivonatok hatása különböző. A vizsgálatokban megfigyelték, hogy a hatás sok esetben júniusról júliusra csökkent, máskor pedig erősödött. A *Bromus japonicus* magjait beérlelte júliusra, és ekkor (az előző hónapokhoz viszonyítva erőteljesebben) gátolta az *Azotobacter* fajok aktivitását. A *Xanthium* sp. esetében nem volt jelentős a gátlás, amit inkább a környezeti tényezők hatásának tulajdonítottak (Rice, 1964).

Többször megfigyelhető, hogy egy-egy növény esetében a különböző növényi részeknek az allelopátiás hatása eltérő, sokszor akár ellentétes irányú is lehet.

A vizsgálatok kimutatták, hogy a nitrogénkötő baktériumokra a legnagyobb gátló hatást az *Ambrosia artemisiifolia*, *Erigeron strigosus*, *Lactuca scariola* növényeknél a virágzat, az *Amaranthus retroflexus*, *Helianthus annuus* növényeknél a levelek és a *Plantago purshii* esetében a gyökér kivonatai mutatták (Rice, 1964).

A parlagfű allelopatikus hatásait vizsgálva az volt megfigyelhető, hogy az amaránt, fehérmustár, vörös here tesztnövényeken a gyom levéléből készült kivonatnak volt a legnagyobb gátló hatása (Brückner, 1998).

A selyemmályvával elvégzett vizsgálatok során a levélből és gyökérből készített kivonatoknak eltérő volt a hatása a tesztnövény csírázására (Kazinczi *et al.*, 1991). Több gyomnövény vizsgálata során a tesztnövénynek használt cukorrépára a pipacs leveléből és gyökérből, míg a kék búzavirág és az ebszíkfü esetében a gyökérből készített kivonatoknak volt jelentős gátló hatása (Kazinczi *et al.*, 1997).

Eltérés lehet az élő és az elhalt növények allelopatikus hatásai között is. Fenyércirok esetében figyelték meg azt, hogy erőteljes allelopatikus hatással rendelkezik, de ha tarlón glifozáttal elpusztítjuk a növényt, akkor azok bomló maradványai a következő évben már nem gátolják pl. a szőrös disznóparéj kelését (Mikulás, 1976).

A vizsgálatba vont tesztnövények részei a kezelésekre másképp reagálhatnak, valamint eltérő eredményt kaphatunk akkor is, ha a csírázásra vagy a növekedésre kifejtett hatásokat vizsgáljuk. A fenyércirok rizómájának kivonata nagyobb gátló hatást mutatott a tesztnövények hajtásnövekedésére, mint a gyökérnövekedésükre (Mikulás, 1984). Eltérő hatást figyeltek meg a kukorica hibrid tesztnövények között is (Casini, 2004).

Az előbb említett tényezők mellett még számos egyéb összetevő is képes befolyásolni az allelopatikus hatást. Rice (1984) ezeket a tényezőket a következő csoportokba sorolta:

- ionizáló sugárzás
- UV sugárzás
- vörös fény
- látható fény
- megvilágítás hossza
- tápanyaghiány
- vízhiány
- hőmérsékleti változások
- allelopatikus ágensek
- betegségek és kártevők

2.7 Az allelopátia kutatás magyarországi helyzete

Magyarországi szakirodalomban a növények allelopátiás hatását Ujvárosi (1973) említi először. Az allelopátia első hazai kutatása Mikulás (1979) nevéhez fűződik, aki a fenyércirok (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) negatív hatásait vizsgálta.

Ezt követően többen is foglalkoztak ennek a területnek a kutatásával hazánkban. Közülük Béres (1983), aki a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.), Kovács és munkatársai (1988), akik a mezei acat (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), Kazinczi és munkatársai (1991), akik a selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medic.), Hunyadi és munkatársai (1999), akik a kék búzavirág (*Centaurea cyanus* L.) allelopátiás hatásait vizsgálták.

Az allelopátia kutatás területén Brückner munkásságát is meg kell említeni, mivel több módszerrel is bizonyította a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) allelopátiás hatását. Ezt közvetlen- és közvetett bizonyítékokkal is alátámasztotta. A növénynek ez a tulajdonsága is hozzájárult a faj gyors terjedéséhez és a nagyarányú térfoglalásához (Brückner, 1998; Brückner *et al.*, 2001).

A rendelkezésre álló szakirodalom nem tér ki az ázsiai gyapjúfű allelopátiás hatásaira, amely a dolgozatomnak az egyik jelentős fejezete. Az eddig elért eredményeink rámutatnak arra, hogy ez a növény is használja a térhódítása során ezt a képességet.

A gyomkutatás egyik fontos szegmense a bio-herbicid kutatás, melynek az alapja az allelopátia kutatás és az allelopátiás hatású növények felismerése, azonosítása, valamint ezt a tulajdonságot befolyásoló génállomány meghatározása (Brückner – Szabó, 2001).

Emellett fontos meghatározni azt is, hogy a növény fejlődése során mikor képződnek ezek a kemikáliák, és milyen töménységben eredményesek (Béres, 2000). Minden ilyen irányú kutatás a biológiai gyomszabályozásnak is az alapjául szolgálhat.

2.8 Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth)

2.8.1 Az ázsiai gyapjúfű elnevezése és rendszertani besorolása

Az ázsiai gyapjúfű a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába, a kölesformák (*Panicoideae*) alcsaládjába és az *Eriochloa* nemzetségbe soroljuk. Ebbe a nemzetségbe több mint harminc egyéves- és évelő gyomnövény tartozik (Crins, 1991). A család tagjai általában a trópusi és a meleg-mérsékelt égövi területeken fordulnak elő (Clayton – Renvoize, 1986; Shaw – Webster, 1987; Tzvelev, 1989).

A genusnév két görög szó együtteséből tevődik össze, az erion (gyapjú) és a chloë (fű) (Kunth, 1815). A faj érvényes tudományos neve az: *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth (de van társ- vagy szinonim neve is pl. *Paspalum villosum* Thunb.). Az ázsiai gyapjúfűnek fajon belüli (intraspecifikus) formáiról egyelőre nem tudunk.

A leggyakoribb angol elnevezése a woolly cupgrass, de megtalálhatjuk hairy cupgrass vagy chinese cupgrass néven is (Darbyshire *et al.*, 2003; USDA-ARS, 2013), ez utóbbi kettőt inkább az USA-ban használják.

A magyar elnevezésével kapcsolatban először Priszter Szaniszlótól olvashattunk az 1998-ban kiadott Növényneveink című könyvében (Priszter, 1998). A növény BAYER kódja: ERBVI.

Az ázsiai gyapjúfű a hazánkban megtalálható egyszikű gyomnövények közül a *Echinochloa* nemzetség növényeivel áll legközelebbi rokonságban, viszont az ide tartozó fajoktól több morfológiai bélyegében is eltér.

2.8.2 Az ázsiai gyapjúfű származása és elterjedése

Az ázsiai gyapjúfű őshonos növény Kelet-Európában és Ázsiában (Kaukázus, Oroszország keleti része, Nyugat-Szibéria, Irán, Távol-Kelet Japán, Kína, Tajvan, Korea és Vietnám) (Tzvelev, 1984). Behurcolását követően több országban is megtalálták (Clayton *et al.*, 2008). Az Amerikai Egyesült Államokban Portland (Oregon állam) környékéről már leírták az 1940-es évek második felében (Hitchcock, 1951). Ezt követően több államban is megjelent (Owen, 1990). Sprague és Hager (2003) megfigyelései alapján az egyik leggyakrabban elterjedt és igen problémás gyomnövény

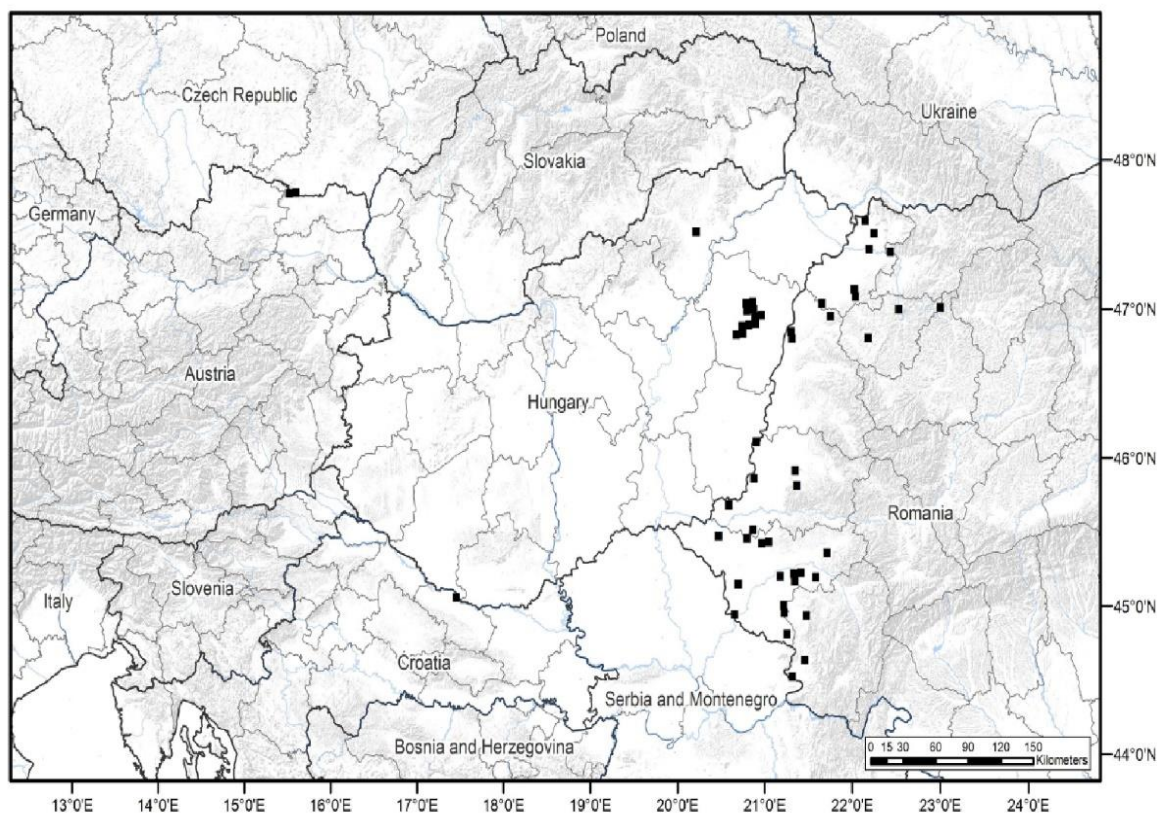
Illinois állam területén. Hasonló eredményről számoltak be Williams és munkatársai (2008), akik Illinoisban, Minnesotában és Wisconsinban is az öt legveszélyesebb gyomnövény közé sorolták. Kanada dél-keleti részén (Montreál környékén) a 2000-es években figyelték meg az ázsiai gyapjűfűvet (Allison – Darbyshire, 2001; Simard *et al.*, 2015). Ezt követően majd minden évben figyeltek meg újabb és újabb populációkat. 2011 óta védekezési intézkedéseket írtak elő az ázsiai gyapjűfű ellen Kanadában (Larivière, 2012; Canadian Food Inspection Agency, 2013).

Nyugat-Európában (Franciaországban, Belgiumban, Nagy-Britanniában) és néhány közép-európai országban, mint pl. Ausztriában, Csehországban vagy Ukrajnában alkalmi fajként tartják számon (Clayton, 1980; Rivière *et al.*, 1992; Ryves *et al.*, 1996; Mosyakin – Fedoronchuk, 1999; Paulič – Němec, 2014; Verloove, 2019; Follak *et al.*, 2020). Európa egyes országaiban (mint pl. Oroszország, Magyarország és Románia) veszélyes, invazív faj, amely gyorsan terjed (Partosfalvi *et al.*, 2008; Ardelean *et al.*, 2009; Ebel *et al.*, 2009; Mikhajlovich *et al.*, 2015; Tzvelev - Probatova, 2019; Zykova *et al.*, 2019).

Romániában az ázsiai gyapjűfűvet először Temesvár és Szatmár megyékben említik, 2006-ban (Ciocârlan – Sike, 2006), majd ezt követően több más megyében is leírták (pl. Arad, Bihor stb.) (Fărcășescu *et al.*, 2008; Ardelean *et al.*, 2009; Karácsonyi, 2011; Negrean, 2011; Dărăban *et al.*, 2012; Negrean, 2012; Szatmári, 2016), ahol kukorica-, napraforgó-, szójatáblákon, valamint ruderalis területeken fordult elő.

Magyarországon először Partosfalvi Péter, Madarász János és Dancza István találta meg az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés terepi munkái során, ahol Miskolc mellett Gesztely határában ruderalis területeken és kukoricatáblában figyelték meg, 2007. július 25-én. Társulástani szempontból *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus chlorostachys*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album* és *Setaria pumila* fajokkal együtt fordult elő (Partosfalvi *et al.*, 2008). Az első megtalálását követően Debrecen (Hajdú-Bihar megye) határában is megfigyelték nagyobb területen elszórtan (Somogyi *et al.*, 2011). Itt az ázsiai gyapjűfű napraforgó- és kukoricatáblán, ruderalián és gabonatarlón volt megtalálható. Ezt követően 2013. augusztusában a gyomnövény újabb állományaira bukkantak a Dél-Dunántúlon (Szentborbás határában) (Takács *et al.*, 2014), valamint a 2016-ban a Dráva-síkon szója gyomfelvételezése közben is megtalálták ezt a növényt (Tótújfalu, Zádor és Fekete-víz) térségében (Pinke *et al.*, 2016). Néhány év leforgása alatt Magyarország több pontján is

megjelent ez a gyomnövény, ami jól jelzi a faj komoly inváziós potenciálját és a várható, jövőbeni továbbterjedését is (1. ábra).



1. ábra: Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* /Thunb./ Kunth) elterjedése Közép-Európában (Follak *et al.*, 2020)

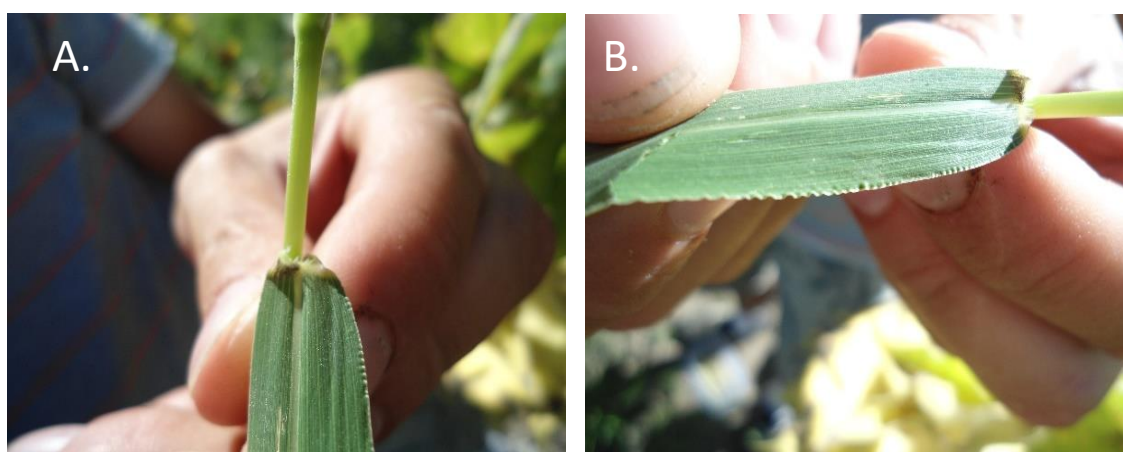
2.8.3 Az ázsiai gyapjúfű morfológiája, jellemzése

A hazai gyompupuláció morfológiai jellemzéséhez a Kew Botanic Garden (Clayton *et al.*, 2008) és a kínai flóramű (Wu *et al.*, 2006), valamint a hazai megfigyelések kerültek felhasználásra (Partosfalvi *et al.*, 2008). A hazai növényeket figyelembe véve az *Echinochloa* nemzetség fajaihoz áll közelebb, de számos morfológiai bélyegben eltér. Az *Eriochloa villosa* az Ujvárosi-féle életforma csoport besorolása szerint T₄-es, egyéves gyomnövény. Egy növény körülbelül 10-15 mellékajtást is nevelhet (2. ábra). A hajtások szalmaszára lekönyöklő, vagy felálló lehet. Ha a szár nádusza a földdel érintkezik, akkor járulékos gyökereket is kinevelhet. A növény szára 60-100 cm magas, általában 3-6 náduszú, szőrözött. Előfordulhat, hogy a náduszokból oldalhajtás is képződik.



2. ábra: Az ázsiai gyapjűfű erőteljes mellékhajtás képzése (saját fotó, Debrecen-Szepes)

A levélhüvely szőrözött, a levélalapon nincs nyelvecske, viszont szőrkoszorú figyelhető meg. A levéllemez megnyúlt hosszú, lándzsás, csúcsa hegyes, a levélszél enyhén hullámos is lehet (3. ábra). A levelet apró, finom szőr borítja.



3. ábra: Az ázsiai gyapjűfű levélalapi szőrözöttsége (A), és a levélszél hullámossága (B) (saját fotó, Hajdúszoboszló)

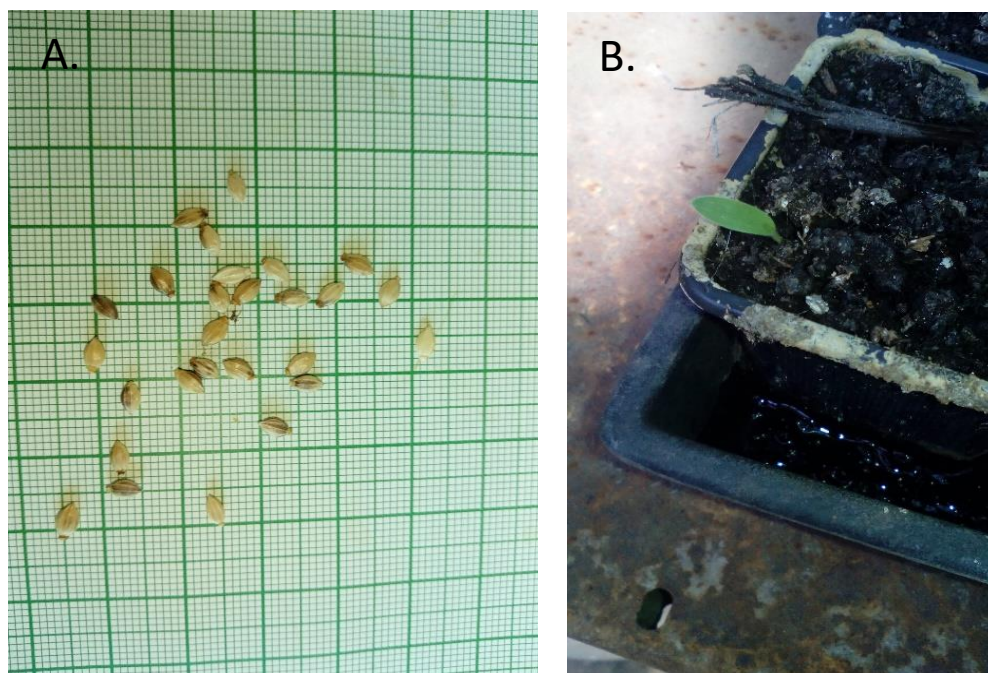
Az ázsiai gyapjúfűnek bugavirágzata van, amelyen 4-8, egy oldalra hajló ág található. Ezen helyezkednek el két sorban a magok, amelyek szorosan átfedik egymást. A virágzat oldalága finom, selymes tapintású szőrrel borított. A füzérke-tengelynek az alapi részén 2-3 mm hosszú szőr található, a füzérkéek színe zöldes-ibolyás. A pelyva tojásdad alakú, tompa fényű, 4-6 mm nagyságú, az alapi részen kiszélesedik. Az alsó pelyva és a toklász pelyhes, 5-7 erű (4. ábra).



4. ábra: Az ázsiai gyapjúfű bugavirágzata az egyoldalra hajló ágaival (saját fotó, Hajdúszoboszló)

A növénynek szemtermése van, amely 4-5 mm hosszú és 2-3 mm széles. A szemén rajta maradhat a pelyva és a toklász is, de gyakori a csupasz szem is.

A magból kicsírázott fiatal növénynek szőrözött a levélhüvelye és a levéllemeze is. A levélalapi részen a hártyás szörkoszorú már a fiatal növényen is jól megfigyelhető (5. ábra).



5. ábra: Az ázsiai gyapjúfű magja (A) és a szikleveles csíranövény (B) (saját fotó)

2.8.4 Élőhelyi igényei

Az ázsiai gyapjúfű kiváló adaptációs tulajdonságát mutatja az, hogy a különböző földrészekén az eltérő klimatikus körülményekhez is képes jól alkalmazkodni. Ezt bizonyítja az is, hogy Kelet-Oroszország északi régiójától, Tajvan szubtrópusi területéig is megtalálható. Az invazív terjedési módjának köszönhetően Amerikában és Kanadában is hasonló megállapításokra jutottak a kutatók (Darbyshire, 2003).

A talajtípus preferenciája tekintetében nem sok kutatás történt, de a gyors terjedésének megfigyelése alapján elmondható, hogy a talajtípusok között nem válogat, számos talajféleségen előfordul. Az Amerikai Egyesült Államok középső területeiről készült néhány szakirodalmi leírás, de azok is arra utalnak, hogy számos talajféleségen előfordulhat (pl. vályog-, csernozjom-, barna erdőtalaj stb.) (Schuh – Harvey, 1989; Owen *et al.*, 1993; Rabaey *et al.*, 1996; Rabaey – Harvey, 1997; Young – Hart, 1999; Buhler – Hartzler, 2001).

Leggyakoribb előfordulása a szántóterületek, rizs- és kukoricaföldek, valamint utak mentén jellemző (Darbyshire, 2003).

Mivel egyéves növény, ezért kizárólag csak magvakkal képes szaporodni.

2.8.5 Az ázsiai gyapjúfű gazdasági jelentősége és kártétele

Az ázsiai gyapjúfű gazdasági kártételét a mezőgazdaságilag művelt területeken figyelték meg és írták le az Amerikai Egyesült Államokban és Kanadában (Darbyshire *et al.*, 2003). Az USA középső és a nyugati részén már az 1970-es években felfigyeltek jelentős mezőgazdasági károkozására (Strand – Miller, 1980). Ezt követően az USA-ban egyre gyorsabban terjedt és a gazdasági jelentősége is növekedett (Kartesz, 1999).

Kanadai megfigyelések igazolják, hogy jól tud a mezőgazdasági környezethez alkalmazkodni, ahogyan hasonló egyéb, egyszikű kapás gyomnövények is (pl. *Panicum* vagy *Digitaria* -fajok). Az ázsiai gyapjúfű így, mind a mezőgazdasági, mind a bolygatott területeken eredményes inváziós gyomnövény lehet (Darbyshire *et al.*, 2003).

Az ázsiai gyapjúfű inváziós potenciálját mutatja az is, hogy a Kanadai Élelmiszer Ellenőrző Hatóság (Canadian Food Inspection Agency, MAPAQ) egy programot hirdetett 2002-ben a növénynek a felszámolására, de nem sikerült az elsődleges fertőzési góccokat felszámolni teljes mértékben, ezért most már a gyomnövénynek a hosszú távú terjedését vizsgálják. Becslések szerint Kanadában az évi 285 millió dollárt is elérheti a kártétele (Canadian Food Inspection Agency, 2008).

A legnagyobb károsítást a kukorica- és a szója kultúrákban figyelték meg, ahol plusz védekezési költséggel és a terméshozam csökkentésével okoz számottevő veszteséget. Ez a negatív hatás a kukoricánál jobban megfigyelhető, mivel a kukorica fontos egyszikű gyomnövényeihez hasonló növekedési tulajdonságokkal rendelkezik az ázsiai gyapjúfű is. A káros hatásokat nehéz elkülöníteni, de becslések szerint a kezeletlen területeken a termésveszteség akár az 50%-ot is meghaladhatja (Staniforth, 1957; Hall *et al.*, 1992; Rabaey – Harvey, 1997, Tapia *et al.*, 1997).

A mezőgazdasági területekről átterjedhet vizes élőhelyekre is, ahol domináns gyommá válhat (Ciocarlan – Sike, 2006; Otves *et al.*, 2014).

A növénytermesztés alapja a megfelelő gyomszabályozás, de az ázsiai gyapjúfűvel fertőzött területeken plusz költségek árán érhetjük csak el a gyommentességet. Az ellenállóságának az egyik oka az, hogy számos herbicid hatóanyagot képes semlegesíteni, amelyet több esetben kísérletekkel is igazoltak (Buhler – Hartzler, 2001; Bunting *et al.*, 2004; Darbyshire *et al.*, 2003; Hinz - Owen, 1996; Hinz *et al.*, 1997; Mickelson *et al.*, 2004; Tapia *et al.*, 1997). Ennek következtében a növény, mind a talaj-herbicidekkel, mind a levél-herbicidekkel szemben magas toleranciát mutat (Harvey, 1974; Owen *et al.*, 1993; Mickelson *et al.*, 2000; Bunting *et al.*, 2004). Több herbicides vizsgálatot is elvégeztek az ázsiai gyapjúfű ellen (főleg az Egyesült Államokban), ahol azt az eredményt kapták, hogy a szójában könnyebben lehet visszaszorítani, mint kukoricában és hatékony védekezést csak talaj-herbicidek és levél-herbicidek kombinációjával tudtak elérni. Ez mindenképpen jelentős plusz ráfordítási költséget jelent a gazdálkodónak (Owen, 1990; Rabaey *et al.*, 1996; Hart – Wax, 1997; Rabaey – Harvey, 1997; Tapia *et al.*, 1997; Young – Hart, 1996; Mickelson *et al.*, 2000; Buhler - Hartzler, 2001; Darbyshire *et al.*, 2003). Hatékony védekezési stratégia lehet az erősen fertőzött területeken élő pillangós (lucerna) vetése, amelyben a rendszeres kaszálásnak köszönhetően az egyéves gyomnövények háttérbe szorulnak (Albrecht, 2005; Meiss *et al.*, 2010).

Az *Eriochloa villosa*-t gazdaságilag is próbálták hasznosítani, mint takarmánynövény, vagy dísnövény, de ezek nem voltak sikeres próbálkozások (Bailey - Bailey, 1976; Griffiths, 1994; Darbyshire *et al.*, 2003). Feljegyzésekben megtalálható az is, hogy az Amerikai Egyesült Államokban takarmányozási kísérleteket is végeztek az ázsiai gyapjúfűvel (Weintraub, 1953; Stubbendieck *et al.*, 1995).

2.8.6 Az ázsiai gyapjúfű szaporodásbiológiája és terjedése

Az ázsiai gyapjúfű egyéves gyomnövény, amely csak magokkal képes szaporodni. A virágok önbeporzóak, így már egyetlen mag elegendő az új fertőzés elindításához. A magas inváziós potenciálját mutatja az is, hogy már kis populáció is biztosítja a nagy számú magkötést (Darbyshire *et al.*, 2003).

A magprodukciója nagy értékek között ingadozhat az irodalmi közlések alapján. Legnagyobb magmennyiséget a májusban elvetett tövek hozták (amelyek konkurencia hiányában) akár 160.000 darab/tő szemet is teremtek. Ugyanakkor a júliusi vetéskor már

a maghozama 3000 darab/tő volt (Bello *et al.*, 2000). A szemtermése aránylag nagy tömegű, amely általában közvetlenül az anyanövény körül szóródik szét. Ebből is jól látszik, hogy az ázsiai gyapjúfű terjedésében az emberi tevékenység nagymértékben szerepet kaphat (pl. szállító eszközön, munkagépen megtapadva, vagy vetőmag, takarmány útján) (Darbyshire *et al.*, 2003). A terjedésben volt egy elképzelés, miszerint a rovarok is besegítenek, de ezt a magnak a mérete nagymértékben korlátozza (Davidse, 1987). Mickelson és Harvey (1999) kutatásai szerint, azokon a területeken, ahol már régóta (minimum 10 éve) megtalálható az ázsiai gyapjúfű, négyzetméterenként a $4020 \pm 1120 - 10\,550 \pm 1350$ magmennyiség is felhalmozódhat a talajban (seedbank).

A viszonylag nagy számú magok (4-5 mm) hatással vannak a kelési mélységre is. Kutatások szerint a magok 85%-a a talaj legfelső rétegéből kelt, a 14%-a az 5-10 cm-es talajzónából és 1%-a 10-15 cm-es mélységből (Bello *et al.*, 2000; Mickelson - Harvey, 1999). A növény azért preferálja a sekélyebb csírázást, mert a mag endospermiumában körülbelül 8 napra elegendő tartalék tápanyag van, ami limitálja a mélyebb kelést (Liu – Owen, 2003). Több vizsgálati eredmény is kimutatta, hogy a magok életképessége viszonylag rövid (körülbelül három évre becsülik a csírázókéességét). A beszámolók szerint az első évben csírázik a magok jelentős része (kb. fele), majd ezt követően jelentősen romlik a kikelt növényeknek részaránya (Buhler – Hartzler, 2001; Hartzler *et al.*, 1999; Mickelson *et al.*, 2004).

Kísérletekkel bizonyították azt is, hogy a magok nagyobb arányú csírázásához szükség van egy hűvös periódusra (2 hónapon keresztül 4-5°C) (Hatterman-Valenti *et al.*, 1996; Bello *et al.*, 1998). A kutatások rámutattak arra is, hogy az oxigén koncentráció csökkenése is befolyással van a magok csírázására (Hatterman-Valenti *et al.*, 1996; Bello *et al.*, 2000). Az eltérő oxigén szintet befolyásolhatja a különböző talajtípus is, ami összefügghet a növény csírázásával és talaj-preferenciájával (Bello *et al.*, 2000).

A növény csírázási tartománya a 10-45 °C közé tehető, de az optimális hőmérséklet a 20-35 °C. A vizsgálatok során a fény nem befolyásolta a csírázást (Bello *et al.*, 2000; Liu – Owen, 2003), annak ellenére sem, hogy a különböző fényspektrumokat is vizsgáltak (Bello *et al.*, 2000).

Észak-Amerikában a magok csírázása április közepétől indul meg, a virágzás pedig július közepétől augusztusig tart, magérlelés a fagyokig volt megfigyelhető (Owen, 1990; Hartzler *et al.*, 1999; Hartzler *et al.*, 2000; Darbyshire *et al.*, 2003; Hilgenfeld *et al.*, 2004;

Simard – Bégin, 2010). Saját tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a hazai ázsiai gyapjúfű populáció is hasonló csírázásbiológiai tulajdonságokkal rendelkezik.

2.8.7 A mezőgazdasági veszélye Európában

Európai viszonylatban, jelen körülmények között Magyarországon és Romániában okoz jelentősebb kárt a mezőgazdaságban (Szatmári, 2016; Follak *et al.*, 2020). A művelés alatt álló, szántóföldi területek ki vannak téve az ázsiai gyapjúfű gyomosító hatásának. Ez akkor lehet jelentős, ha a kultúrnövénnyel egyidőben csírázik és a kezdeti fejlődéstől konkurál vele. A később kelő növények már nem okoznak olyan mértékű termésdepressziót, de így is képesek magot termelni, amivel a talaj gyommagkészletét növelik (Mickelson – Harvey, 1999). A gyomnövény mezőgazdasági kártételéről európai adatok még nem állnak széles körben rendelkezésünkre, de az USA-ban és Kanadában elvégzett vizsgálatok eredményei alapján ez valószínűleg jelentős lehet (Follak *et al.*, 2020).

Összefoglalva megállapítható, hogy az ázsiai gyapjúfű Közép-Európában még nem egy gyakori gyomnövény, de hazánkban és Romániában gyorsan terjed, ahol egy-egy területen szinte dominánssá tud válni, így már a gazdasági kártétele is jelentős. Feltételezhető, hogy a gyomnövény egyre több helyen fog megtelepedni, ahol megerősödve számottevő gyommá válhat (Follak *et al.*, 2020).

2.8.8 Az ázsiai gyapjúfű elleni védekezési lehetőségek

Az *Eriochloa villosa* elleni védekezés összetett és nehéz feladat, mivel gyorsan, nagy mennyiségű magot képes teremni és sok gyomirtó-szerrel szemben nagyfokú toleranciát mutat (Wilson, 2002). Ez a tolerancia tulajdonság a talaj-herbicidekre és a levél-herbicidekre is egyaránt érvényes. Az Amerikai Egyesült Államokban elvégzett herbicides kísérletek rámutattak arra, hogy eredményes kémiai védekezés csakis több alap- és állománykezeléssel oldható meg. Ez viszont a termés költségét növeli, valamint a környezet peszticid terhelésére is jelentős hatással van (I2).

Az ázsiai gyapjúfű elleni hatékony védekezés csakis integrált formában valósulhat meg, amely magában foglalja az agrotechnikai-, mechanikai- és kémiai védekezést is. Ez

a védekezési stratégia a leginkább költségtakarékos megoldás (Schuh – Harvey, 1991; Owen *et al.*, 1993; Hartzler, 2001). Az Amerikai Egyesült Államokban már az 1990-es években rájöttek arra, hogy az ázsiai gyapjúfű ellen hatékonyan csak a védekezési lehetőségek kombinálásával (vetésforgó, mechanikai védekezés, kémiai védekezés stb.) érnek el megfelelő eredményt (Owen, 1990; Hartzler, 2001). Emellett a mezőgazdasági gépek tisztántartása, a vetőmag és a szervestrágya megfelelő magmentessége is nagyon fontos elem a terjedés korlátozásában. A védekezési stratégia egyik alapja lehet az, hogy a magok hamar elvesztik a csírázó képességüket, illetve az hogy az első év folyamán csírázik a magok túlnyomó része, ami a fertőzött talaj gyommagkészletének a gyors kimerüléséhez vezethet (Darbyshire *et al.*, 2003). Az agrotechnikai lehetőségek közül a vetésforgó egy fontos pillére lehet a védekezésnek, mivel megszakítja a tartós monokultúrát (pl. kukorica – kukorica), ami nagyban kedvez az ázsiai gyapjúfű helyi populációinak megerősödéséhez.

Manapság, hazai viszonyok között is egyre jobban terjed a forgatás nélküli talajművelés, amely a forgatásos talajművelés mechanikai gyomkorlátozó hatásaival kevésbé rendelkezik (Shestra *et al.*, 2002; Tuesca *et al.*, 2001; Birkás *et al.*, 1997; Farkas, 2004), így az ázsiai gyapjúfű ilyen művelési mód mellett erőteljesebben tud fellépni.

2.8.9 Az ázsiai gyapjúfű és a növényevő állatok, kórokozók és paraziták kapcsolata

Az emlősök közül a házkörüli rágcsálók, illetve a vadon táplálkozó fajok nem nagyon fogyasztják, mert a növény takarmányértéke gyenge (Stubbenieck *et al.*, 1995). Az ázsiai gyapjúfű magja jelenthet energiaforrást az emlősöknek és a madaraknak, hasonlóan más nagymagvú fűféléhez, viszont erre konkrét vizsgálat nem történt. Saját megfigyeléseink az, hogy a terepi felmérések során a güzüegér (*Mus spicilegus*) a magokból és az ázsiai gyapjúfű virágzatából magas halmokat épített, amely utalhat a mának az elfogyasztására is.

A madarak és egyéb gerincesek esetében sem volt ilyen jellegű vizsgálat. Saját megfigyelésünk, hogy a zárt tartásban élő balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) az egyéb takarmány magvak (búza, kukorica, napraforgó) mellett az ázsiai gyapjúfű magokat is elfogyasztotta.

A rovarok, fonálférgesek és az egyéb gerinctelen kártevőkről nincs információnk annak tekintetében, hogy fogyasztják-e ezt az invazív gyomnövényt?

A kórokozók tekintetében a vírusokról (Brunt *et al.*, 1996), baktériumokról és virágos élősködőkről sem áll rendelkezésre információ arra vonatkozóan, hogy károsítják-e az ázsiai gyapjúfüvet. A növénykórokozó gombák közül, viszont már több fajt (*Corticium sasakii*, *Aphylllophorales*, *Pyricularia* spp., *Thanatephorus cucumeris*, *Uromyces* spp. stb.) is izoláltak erről a gyomnövényről. Cummins (1971) az *Uromyces eriochloae* és a *Uromyces setariae-italicae* taxonómiai szinonimjaként tekintette ezt a két fajt.

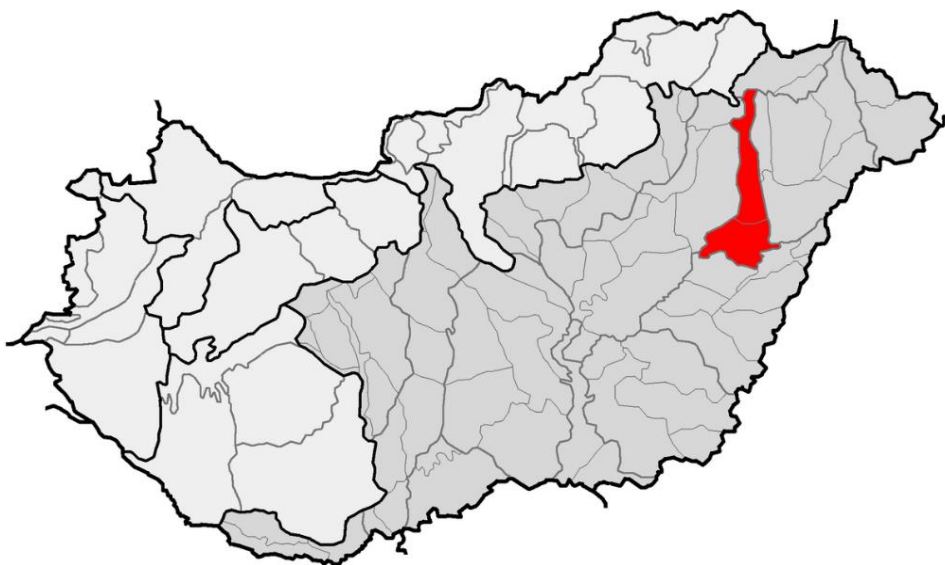
A magyarországi minták begyűjtése során sikerült nekünk is egy kórokozó fajt beazonosítani róla, amelyet még korábban nem írtak le az ázsiai gyapjúfűről. Ez a gombafaj a *Fusarium culmorum* volt (Tóth – Szilágyi, 2016).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 Az ázsiai gyapjúfű terjedésdinamikai megfigyelése, illetve monitoringja a Hajdúság kistájegység területén

Az ázsiai gyapjúfű első magyarországi megfigyelésének helye (Miskolc mellett) Gesztely határában volt, 2007-ben (Partosfalvi *et al.*, 2008). Ezt követően 2011-ben Debrecen határában is leírták (Somogyi *et al.*, 2011). 2014- és 2015-ben pedig már a Dráva-síkon (Szentborbás, Tótújfalu, Zádor) is megfigyelték ezt a gyomnövényt (Takács *et al.*, 2014; Pinke *et al.*, 2015). A vizsgálataink egyik célja annak kiderítése volt, hogy Debrecen határában megtalált ázsiai gyapjúfű populáció milyen mértékben képes terjedni ezen a területen. Ehhez a 2011-ben felvételezett adatok szolgáltak alapul. A vizsgálati területet a Hajdúság kistájegység területén alakítottuk ki, mivel a földhasznosítási paraméterei nagyjából hasonlóak ennek a térségnek, valamint Somogyi és munkatársai (2011) által vizsgált területek is beleestek.

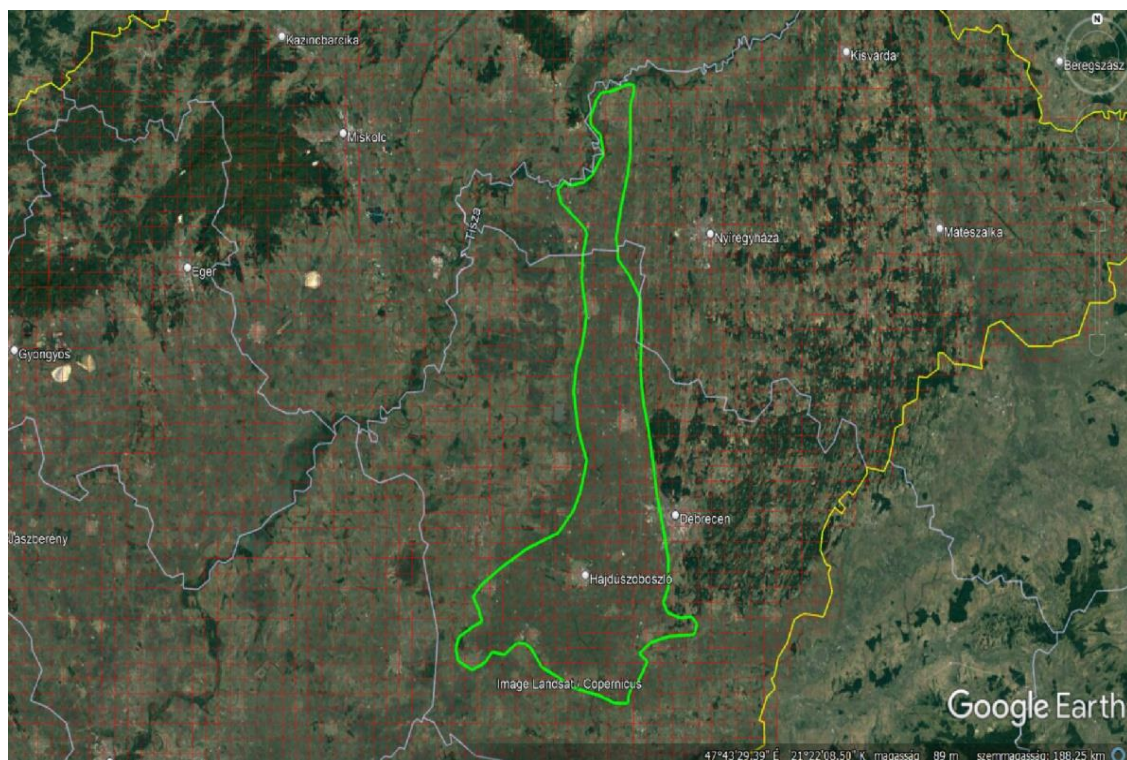
A Hajdúság kistájegység 1161 km² kiterjedésű, az Alföld északi- északkeleti részén helyezkedik el. Természetföldrajzi beosztása alapján elkülönül Hajdúhát-tól és a Dél-Hajdúság-tól (6. ábra).



6. ábra: A Hajdúság kistájegység elhelyezkedése Magyarországon (I4)

Ezen a területen megtalálható a mezősegi talaj, a barna erdőtalaj, a homoktalaj, valamint szórtan a szikes talaj is. Az ázsiai gyapjúfűnek a Hajdúság újabb területein való megjelenése a talajtípusok preferenciájára vonatkozóan is adhat információt.

Az ázsiai gyapjúfűnek egy-egy magyarországi tájegység területén történt megfigyelése nem teljeskörű, ezért a Hajdúság kistéjegység területére egy 2,5 X 2,5 km nagyságú UTM (Universal Transverse Mercator) hálórendszert illesztettünk (7. ábra). Ez egy speciális hálórendszer földrajzi pozíciók meghatározására (Varga, 2015). Normál esetben 10 X 10 km nagyságú egy ilyen vetület, viszont a részletesebb felmérés miatt használtuk a kisebb méretű hálórendszert. Ebből adódóan 315 darab, 2,5 X 2,5 km nagyságú UTM hálót vizsgáltunk át. Egy-egy ilyen hálón belül pedig random kiválasztottunk 3-5 vizsgálati pontot, ahol az ázsiai gyapjúfűvet kerestük. A vizsgálatokat 2016-2019 között végeztük el.



7. ábra: 2,5 X 2,5 km nagyságú UTM (Universal Transverse Mercator) hálórendszer Hajdúság kistéjegység területén

Természetes terjedés és az emberi úton való terjesztés vizsgálata

A magok terjedése állatok közvetítésével lehetséges. A vizsgált gyomnövény magja nagy, ezért a madarak képesek megemészteni azt. Ezt kísérletben is kipróbáltuk, amelynek során fogságban tartott balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) takarmány keverékébe (búza, kukorica, napraforgó) raktuk bele az ázsiai gyapjúfű magját (100-100 db magot) és ad libitum takarmányozást biztosítottunk a madarak számára. A keveréket minden hetedik napon ellenőriztük, illetve a madarak ürülékét összegyűjtöttük. Az ürüléket ezt követően tisztítottuk és a benne előforduló magvakat csíráztattuk. A vizsgálatot három ismételtsben végeztük el.

A terjedési vizsgálatok másik része annak kiderítése volt, hogy mezőgazdasági betakarító gépekkel tud-e terjedni az ázsiai gyapjúfű? Erre a fertőzött területekről a betakarítás során a kombájn által kiostálás után visszamaradt, kukoricaszár/levél mintákat gyűjtöttük be több helyről, egy mintaterületről három ismételtsben. A mintákat a válogatásig papírzacskókban tároltuk.

3.2 Az ázsiai gyapjűfű allelopatikus tulajdonsága

3.2.1 Az ázsiai gyapjűfű allelopatikus tulajdonságának és a juglon-index vizsgálata

Az ázsiai gyapjűfű allelopátiájának vizsgálata a növény különböző részeinek vonatkozásában

A vizsgálatokat 2016-ban kezdtük el laboratóriumi körülmények között, amelyek során az ázsiai gyapjűfű friss részeit használtuk fel. A vizsgálatban felhasznált növényi részek a gyökér, a szár, a levél és a bugavirágzat volt. A friss növényi mintákat apróra daraboltuk fel, amelyekből 4- és 8 grammot használtunk fel a növényi kivonat készítéséhez, ahol 100 ml desztillált víz volt az oldószer (Turk – Tawaha, 2003; Ashrafi *et al.*, 2008).

A kivonatok elkészítését követően 1 napig hagytuk állni ezeket, sötét helyen. A vizsgálatainkban felhasznált teszt növények a kukorica (*Zea mays* L.), a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) és a saláta (*Lactuca sativa* L.) voltak. A saláta magokat 11 cm átmérőjű, míg a kukorica és a napraforgó magokat 17 cm átmérőjű Petri-csészékbe raktuk, melyeknek az aljára itatóspapírt helyeztünk. Minden Petri-csészébe 20-20 magot tettünk egyenlő távolságra és a kisebbik Petri-csészébe 5 ml-t, míg a nagyobbakba pedig 12 ml növényi kivonatot mértünk bele. Ezzel az egységnyi területre jutó oldat mennyisége azonos volt. A kontroll esetében a növényi kivonatok helyett csak desztillált vizet használtunk fel, azonos mennyiségben. Az így beöntözött Petri-csészéket szobahőmérsékleten (20 ± 1 °C) tartottuk. A vizsgálatokat három ismétlésben végeztük el és minden teszt növény esetében az 5. napon értékeltük a csírázását.

A kezelésenként mért átlagos csírázást egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk meg, a normalitást a Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk tesztekkel. A normál eloszlású mintákat a Tukey HSD teszttel, a nem normál eloszlásúakat a Kolmogorov-Smirnov Z és a Mann-Whitney U nem parametrikus tesztekkel hasonlítottuk össze $P \geq 0,05$ szignifikancia szinten.

Az ázsiai gyapjűfű allelopatikus képességének vizsgálata különböző koncentrációkkal

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy az ázsiai gyapjűfű hajtás- és gyökérkivonataiból készült különböző koncentrációk miként hatnak a tesztnövény csírázására.

A kísérletet 2019-ben végeztük el, laboratóriumi körülmények között. A hajtásból és a gyökérből begyűjtött, friss növényi mintákat felaprítottuk, majd szárítószekrényben 24 órán keresztül szárítottuk. Ezután már por állagúra sikerült leőrölni. Az így kapott őrleményekből 1%, 5% és 10%-os vizes kivonatokat készítettünk, amelyeket 1 napon keresztül (sötét helyen) rázógép segítségével kevertük (Treber *et al.*, 2015). A vizsgálat során a tesztnövény a fehér mustár (*Sinapis alba* L.) volt. A fehér mustármagokat egy 11 cm átmérőjű Petri-csészébe helyeztük, mindegyikbe 100-100 darabot. Az elkészült növényi kivonatokból pedig bemértük az 5 ml/ Petri-csésze mennyiségeket. A vizsgálatba kontroll Petri-csészét is beállítottunk, ahol nem használtunk semmilyen növényi kivonatot, csupán desztillált vizet. A vizsgálatokat négy ismételtsben végeztük el. A csíráztatás 20 ± 1 °C-on, termosztát szekrényben történt és a negyedik napon értékeltük az eredményt.

A kezelésekben mért csírázási különbségeket egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze. Ha az eredmény szignifikánsan tért el ($P < 0,05$), akkor a kezelések összevetését Kruskal-Wallis nem parametrikus próbával ellenőriztük, míg a páronkénti összevetés Mann-Whitney U-teszttel végeztük el.

Az ázsiai gyapjűfű juglon-index meghatározása

A vizsgálatok során az allelopátia mértékének a számszerűsítésére a juglon-indexet használtam (Szabó, 1999). A mérés elve az, hogy a *Juglandaceae* családba tartozó több fajnál (közönséges dió (*Juglans regia* L.) és a fekete dió (*Juglans nigra* L.)) is kimutatható a jelentős allelopatikus hatás (Daglish, 1950; Prataviera *et al.*, 1983).

A dióban megtalálható juglon sok növény csírázására gátlólag hat (Kocacaliskan – Terzi, 2001). A gátlást néhány kutató a fotoszintézis és a légzés intenzitásának a gátlásával (Hejl *et al.*, 1993; Jose - Gillespie 1998), valamint a megnövekedett oxidatív stressz hatásával magyarázza (Segura-Aguilar *et al.*, 1992).

A földieperrel (*Fragaria x ananassa* L.) végzett vizsgálatban a juglon hatással volt a növényenkénti termésszámba, a termés súlyára, a levélszámba, levélfelület nagyságára, a friss gyökér tömegére, az összes növényben oldott ásványi anyagra, az összes növényben szuszpendált szilárd anyagra (TSS), valamint a C-vitamin mennyiségére is (Ercisli *et al.*, 2005).

A juglon-index formulájának megalkotása Szabó (1999) munkásához fűződik. A módszer lényege az, hogy az ismeretlen allelopátiás potenciállal rendelkező növényből készült kivonatot hasonlítja össze az 1 mM-os juglonnal történő kezeléssel.

A vizsgálat során a tesztnövény a fehér mustár (*Sinapis alba* L.) volt. Ennek vizsgáltuk a csírázási százalékát, a gyökér- és hajtáshossz növekedését juglonnal-, valamint az allelopátiás potenciállal rendelkező növény kivonataival kezelve. E kettőnek a hányadosa adja meg a juglon-index értéket.

Ha ez a hányados (juglon-index) egynél nagyobb, akkor a juglonnál erősebb az allelopátiás hatás (a gátlás kifejezettebb), ha a hányados egynél kisebb, akkor a juglonénál gyengébb a gátlás. Ha ez az érték 0,5 alatt van, akkor nem beszélhetünk allelopátiás hatásról (Szabó, 1999).

A juglon-index (I_j/x) megállapítása az ismeretlen allelopátiás potenciállal rendelkező növénykivonat esetében:

$$I_j / x = (H_j + R_j + G_j) / (H_x + R_x + G_x)$$

Jelmagyarázat:

H_j: 3x10 mustármag 1 mM-os juglon hatására kialakuló hajtáshosszúságainak átlaga (mm),

R_j: 3x10 mustármag 1 mM-os juglon hatására kialakuló gyökérhosszúságainak átlaga (mm),

G_j: 3x100 mustármag 1 mM-os juglon hatására mért csírázókéességének átlaga (db),

Hx: 3x10 mustármag ismeretlen allelopátiás potenciálú növényi kivonat hatására kialakuló hajtáshosszúságainak átlaga (mm),

Rx: 3x10 mustármag ismeretlen allelopátiás potenciálú növényi kivonat hatására kialakuló gyökérhosszúságainak átlaga (mm),

Gx: 3x100 mustármagnak az ismeretlen allelopátiás potenciálú növényi kivonat hatására mért csírázóképeségének átlaga (db) (Csiszár *et al.*, 2012; Csiszár *et al.*, 2013).

Az alkalmazott csíráztatási teszt leírása a juglon-index meghatározására és az allelopátia vizsgálatra

A vizsgálatot 2018-ban végeztük el, laboratóriumi körülmények között. A vizsgálathoz friss növényi mintákat használtunk fel. A növényi részekből 5-5 gramm részt használtunk, amelyet apróra daraboltuk és 100 ml desztillált vízben rázattuk egy napon keresztül. A kontroll esetében csak desztillált víz volt bemérve a Petri-csészékbe. A százalékos csírázóképeség meghatározása során 100 darab fehérmustár magot használtunk fel, amelyet három ismétlésben állítottunk be. A 11 cm-es Petri-csészékbe a magok alá itatóspapírt helyeztünk. Az elkészült kivonatokból 5 ml mennyiséget mértünk bele az egyes Petri-csészékbe. A csíráztatást szobahőmérsékleten (20 ± 1 °C) történt, 4 napon keresztül, majd azután mértem a kicsírázott magok számát, valamint a hajtás- és gyökérhosszúságot.

A hajtás- és gyökérhossz mérés esetén Petri-csészénként 15-15 növényt választottunk ki (random módon) a 4. napon. A kapott adatok alapján pedig meghatároztuk a teljes növény nagyságát is.

A kezelésenként mért átlagos gyökér-, hajtás- és teljes növényhosszúságot egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk, amely feltételeinek a teljesülését Q-Q diagrammok (Q-Q plots) és Levene-teszt segítségével ellenőriztük. Ha az eredmények között nagyobb eltérés volt a kezelések páronkénti összevetését Bonferroni post-hoc teszttel elemeztük.

3.2.2 Az ázsiai gyapjúfű allelopátia okozta biotikus válaszreakció vizsgálata takarmány kukoricán

A kísérleti körülmények bemutatása

A vizsgálatot 2021-ben, a DE MÉK Kertészettudományi Intézet üvegházában végeztük el. A felhasznált takarmánykukorica hibrid az Armagnac (*Zea mays* L. cv. Armagnac) volt. Az üvegházi körülményeket 50-60% páratartalom, és 34/26 °C (nappal/éjszaka) hőmérséklet jellemezte.

A felhasznált tőzeg összetétele: 70% barna és 30% közepesen érett moha tőzeg (*Sphagnum*), 1,5 kg/m³ multimix műtrágya és 14-16-18% MeO adalékanyaggal kiegészítve. A növénynevelésére szánt cserepek 11 cm átmérőjűek és 24 cm magasak voltak.

A felhasznált kukorica az Armagnac volt, amely egy FAO 490 érésidejű hibrid. Ennek a hibridnek az ezerszem tömege 443 g, amely a hasonló érésidejű hibridek között kiemelkedő. Kezdeti gyors fejlődés jellemzi, ami a kompetíciós képességét tekintve nagyon kedvező (I3).

A cserepekbe a kukorica mellé vetettük el az ázsiai gyapjúfű magját. A kontroll esetében csak kukorica mag volt elvetve. A vetést követően napi rendszerességgel öntöztük kb. 0,5 l vízzel, amivel elértem azt, hogy a növények folyamatosan el voltak látva vízzel. A vizsgálat pontossága miatt a kísérletet 5 ismétlésben végeztük el.

A növényi mintavétel folyamata

A vizsgálat során néztük az ázsiai gyapjúfű okozta morfológiai (gyökérparaméter, szárátmérő és növénymagasság), és biokémiai (relatív klorofilltartalom, fotoszintetikus pigmentek mennyisége, lipidperoxidáció nagysága és antioxidáns enzimek aktivitása) paramétereket a kukorica növényen. A mérésekhez a mintavételt a kukorica 4-5 leveles fenológiai állapotában hajtottuk végre, két időpontban. Ezek a vetést követő 14. és a 21. napon voltak.

A morfológiai és a biokémiai vizsgálatok bemutatása

A morfológiai vizsgálatok

A szárátmérőnek a lemeréséhez tolómérőt használtunk. A kukorica második és a harmadik nódusza között történtek a mérések. A növénynek a magasságát a talaj felszínétől a legfelső levél végéig mértük meg. Mind a szárátmérő, mind a növénymagasság esetében a 14. és a 21. napon mértük a kukorica növényt.

A gyökérparaméternek a mérését a gyökerek alapos megmosása után végeztem el. A gyökérhossz, gyökértérfogat, gyökérátmérő és a gyökérfelületet egy Epson Expression 11,000 XL szkennerral digitalizáltuk és WinRHIZO szoftver (Regent Instrument Inc., Québec, QC, Kanada) segítségével mértem le.

A kukorica száraztömegének a meghatározására a növényeket szárítószekrénybe szárítottuk 65°C-on, három napig, majd ezt követően lemértük azokat egy analitikai mérleggel (OHAUS AX223).

Az antioxidáns enzimvizsgálat és a protein vizsgálat metodikája

Az enzimvizsgálatokhoz a mintákból 0,2 g levélmennyiségét használtunk fel, amelyet folyékony nitrogénben dörzsöltük fel. Ehhez puffert adtunk (50 mM kálium-foszfát puffer (pH 7,0), 1 mM EDTA, 2% PVPP, 0,1% Triton X-100, 1 mM aszkorbát). Az így kapott feldörzsölt mintát 20 percen keresztül, 4°C-on centrifugáltuk. A centrifugálást követően a felülúszó részt hasznosítottuk az enzimkivonatok meghatározására (Pukacka – Ratajczak, 2005).

Az APX-vizsgálat oldata 570µl 50 mM kálium-foszfát pufferből (pH 7,0), 200µl H₂O₂ (0,1 mM), 150µl nátrium-aszkorbátból (0,5 mM), 50µl EDTA-ból (0,1 mM EDTA), valamint 30 µl enzimkivonatból állt. A mérést az előbbi sorozat enzimkivonathozzáadásával kezdtük el, amelynél egy vakpróbával (amiben az enzimkivonatot egy foszfát pufferrel váltottuk ki) szemben mértük. Az abszorbancia csökkenését spektrofotométerrel (290 nm-en) mértük, 5 percig, 20 °C-on (Mishra *et al.*, 1993).

A guaiacol-peroxidáz (POD) vizsgálat elegye 50 µl 0,2 mM H₂O₂, 100 µl 50 mM guaiacol, 340 µL desztillált víz, 500 µL 80 mM foszfátpuffer (pH 5,5) és 10 µl enzimből állt. A reakció során tetraguaiacol képződik, ami a 470 nm-en emelkedést eredményez. Ezt mértük 3 percig, 30 °C-on. Itt is használtunk vak mintát, ami nem tartalmazott enzimkivonatot (Zieslin - Ben-Zaken, 1991).

Bradford (1976) által leírt módszerrel határoztuk meg a proteintartalmat.

A szuperoxid-dizmutáz (SOD) vizsgálatához 400 mg levél- és 200 mg gyökérmintát használtunk fel, amelyeket folyékony nitrogén segítségével feltártunk. A feltárást követően, minden mintához 50 mM foszfát puffert (mM EDTA, 1% PVP, 1 mM PMSF adtam hozzá 7,8-as pH esetén) mértünk hozzá (levél esetén 4 ml, gyökér esetén 2 ml kivonatot). Ezt követően 10 000 G-s fordulaton centrifugáltuk a mintákat, 15 percen keresztül (Giannopolities – Ries, 1977; Beyer – Fridovich, 1987).

A relatív klorofilltartalom és a fotoszintetikus pigmentek mennyiségének meghatározása

A relatív klorofilltartalom mennyiségét alulról számolva a negyedik levélen mértük a 14. napon, öt ismétlésben. A méréshez SPAD-502 Plus klorofillmérőt használtunk.

Vizsgáltuk még a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét is. A méréshez 50 mg friss növényi mintát használtunk fel, amelyet a negyedik levélből vettünk. Ehhez adtunk 5 ml N,N-dimetil-formamidot. Ezt követően a mintát hűtőben, 4 °C-on tartottuk 72 órán keresztül (Wellburn, 1994; Moran – Porath, 1980). A minták abszorbanciáját spektrofotométerrel mértük meg (8. ábra).

$\text{klorofill-a} = (11,65 \times a_{664} - 2,69 \times b_{647})$
$\text{klorofill-b} = (20,81 \times b_{647} - 4,53 \times a_{664})$
$\text{karotinoidok} = (1000 \times \text{car480} - 1,28 \times a_{664} - 56,7 \times b_{647})$
$\text{teljes klorofilltartalom} = \text{klorofill-a} + \text{klorofill-b}$
$\text{klorofill a/b} = \text{klorofill-a} / \text{klorofill-b}$

8. ábra: A fotoszintetikus pigmentek mennyiségi meghatározása (Wellburn, 1994)

A lipidperoxidáció mértékének meghatározása

A lipidperoxidáció mértékét a malondialdehid (MDA) mennyiségének a meghatározásával tudjuk mérni. A levelekből vett mintákat (100 mg) folyékony nitrogénnel feldörzsöltük, amihez 1 ml 0,25%-os tiobarbitursavat (TBA), valamint 10%-os triklór-ecetsavat (TCA) adtunk. Az így kapott mintákat 10 800 G-s fordulatszámon centrifugáltuk, 4 °C-on, 25 percig. A centrifugálást követően a felülúszó részből 0,3 ml-t mértünk egy tiszta Eppendorf-csőbe, amihez még 0,7 ml 20%-os TCA-t, illetve 0,5%-os TBA-t adtunk. Ezután 30 percen keresztül 95 °C-on melegítettük, majd jégen hűtöttük. A lehűlést követően ismét centrifugáltuk 10 800 G-s fordulaton, 10 percen keresztül, 4 °C-on. Ezt követően spektrofotométerrel mértük az abszorbanciát (Heath - Packer, 1968).

A statisztikai vizsgálat

A statisztikai elemzéshez az IBM SPSS Statistics 25 szoftvert használtuk. A kezelésenként kapott eredményeket egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk meg. A normalitás vizsgálatához a Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk tesztekkel használtuk, majd összehasonlítottuk az átlagokat független t-próbával ($P \geq 0,05$). A szignifikáns különbségeket eltérő kisbetűkkel jelöltük (Kim, 2015).

3.3 Az ázsiai gyapjúfű elleni biológiai védekezés lehetősége

A fertőzött ázsiai gyapjúfű mintákat 2015. november 13.-án gyűjtöttük be Hajdú-Bihar megyében, Debrecen határában (GPS koordináta: 47;26;29.20 21;34;19.72). A begyűjtött minták gyökeréről a talajszennyeződést lemostuk, majd a felületi fertőtlenítéshez 1 %-os klorogén (Neomagnol) oldatot használtunk. Ezután steril desztillált vízben háromszor leöblítettük a növényi részeket. A felületi fertőtlenítést követően a mintákat nedves szűrőpapírra helyeztük egy 9 cm átmérőjű Petri-csészébe, ahol hét napig hagytuk állni. A mintákon megjelent micélium szövedékeket oltókacs segítségével burgonya dextróz agar (PDA) táptalajra oltottuk át és 20 °C hőmérsékleten neveltük.

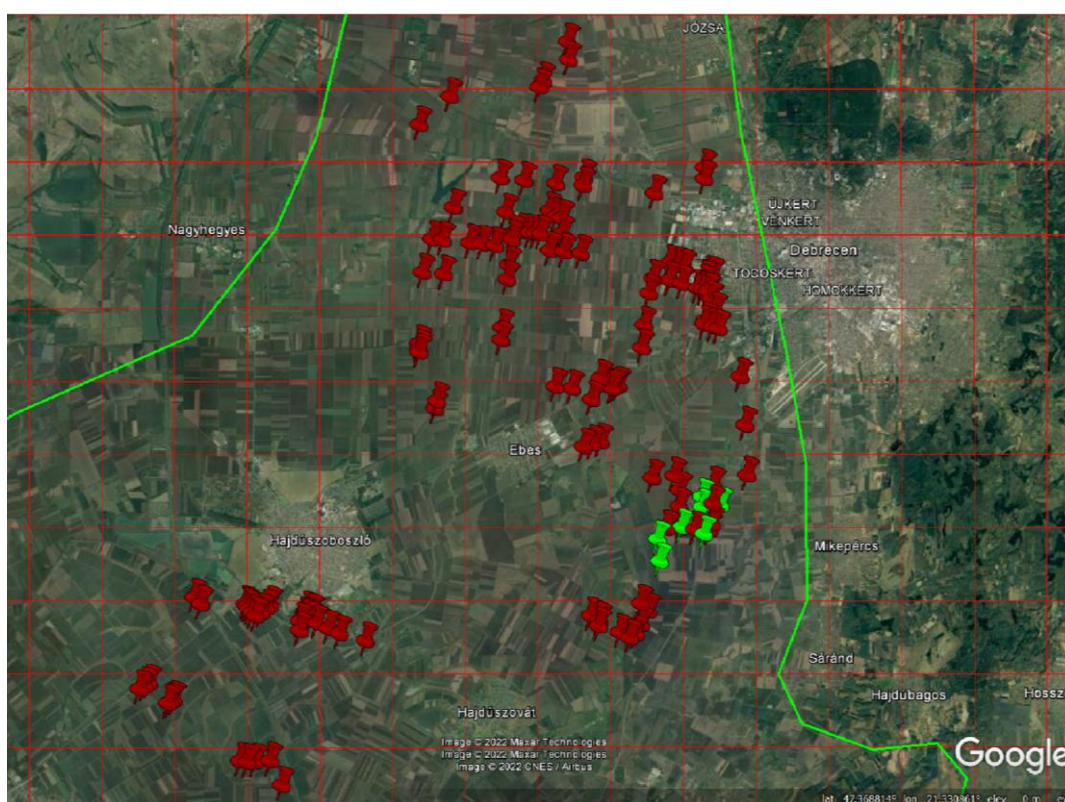
Morfológiai azonosítás

A gomba azonosítására az ivartalan spórák (makrokonídiumok) fénymikroszkóp (Zeiss AxioCam MRC5) alatti morfológiája és a telep specifikációi alapján történt. A fajt a micélium gyors fejlődése, a telepek pigmentációja és a sűrű micélium szövedéke jellemezte az 5. napon. Leslie és Summerell (2006) szerint ezek a paraméterek a fuzárium fajokra utalnak.

4 EREDMÉNYEK

4.1 Az ázsiai gyapjűfű terjedés dinamikája és monitoringja a Hajdúság kistájegység területén

A gyomnövény a növénytermesztésnek egy nemkívánatos eleme. Az invazív gyomfajok pedig (a jó alkalmazkodó képességüknek és a herbicidekkel szembeni nagyfokú toleranciájuknak köszönhetően) sikeresen alkalmazkodtak gyomszabályozás különböző elemeihez. Az alkalmazkodás egyik fontos eleme a gyors terjedés és magas utódszám. A növények az evolúciójuk során különböző terjedést segítő stratégiákat fejlesztettek ki, de esetenként sajnos az embernek is jelentős szerepe van a növények terjesztésében (Wichmann *et al.*, 2009). Az ázsiai gyapjűfű terjedésének a vizsgálatát a Hajdúság kistájegység területén végeztük el (9. ábra). Ehhez alapul szolgáltak a Somogyi és munkatársai (2011) által közölt eredmények. A területre ráhelyezett 2,5 X 2,5 km nagyságú UTM térháló segített a pontosabb és részletesebb monitoring végrehajtásában. A vizsgálatunk során 315 UTM hálót néztünk át, amelyeket 2016 - 2019 között jártunk be.



9. ábra: Az ázsiai gyapjűfű elterjedése a Hajdúsági kistájegység területén (🌿 Somogyi et al., (2011) publikált eredmény, 📌 saját eredmény)

A terület felvételezése során kapott eredmények rámutatnak arra, hogy az első (2011-es) megtalálásának a helyétől nagyobb távolságra is megfigyelhető volt ez a gyomnövény. A legtávolabbi pontok a 2011-es közléshez viszonyítva kb. 20 km távolságra voltak megfigyelhetőek, ami azt jelenti, hogy 5–8 év leforgása alatt ez a gyomnövény képes volt ekkora távolság megtételére. Ez alapján a terjedés egyéb lehetőségét is megvizsgáltuk.

Az ázsiai gyapjűfűnek szemtermése van, amely elég nagy méretű (4-5 mm hosszú és 2-3 mm széles). A szem általában teljesen csupasz, de rajta maradhat a pelyva és akár a toklász is. A mag mérete és a csupasz felülete a természetes terjedés lehetőségét korlátozza, ezért egyik vizsgálati szempontunk volt, hogy mégis miként tud nagyobb távolságokra eljutni ez a gyomnövény?

Természetes úton való terjedés vizsgálat

A terjedés egyik legáltalánosabb módja a szél segítségével történő terjedés. A mag mérete és formája viszont rámutat arra, hogy ez a mód csak minimálisan vehet részt a magok terjesztésében. Saját megfigyeléseink, hogy a beérett magok az anyanövény körül szóródtak szét és maximum néhány méteres terjedést tudott csak mutatni a saját terjedési potenciáljával. Ez kizárja a szél általi, nagyobb távolságra történő terjedés lehetőségét.

A terjedés másik lehetősége lehet az állatok közvetítése. A mag felülete sima és nincsen rajta kampószerű szőr, így az állatok szőrzetébe nem képes beleragadni.

A másik lehetőség az, hogy a magok elfogyasztását követően az emésztőrendszeren áthaladva megőrzi a csírázókéességét.

Ennek vizsgálatára több, zárt tartásban élő balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) takarmánymag (búza, kukorica, napraforgó) keverékébe raktuk bele az ázsiai gyapjűfű magokat. A vizsgálatban a sötét táliba kihelyezett ázsiai gyapjűfű magokat megette a madár, viszont az ürülékében a magokat nem találtuk meg. Ez rámutat arra, hogy a madarak képesek fogyasztani ennek az invazív növénynek a magjait, viszont az emésztőrendszerük teljesen megemészteti azt.

Másik lehetőség a rágcsálók közreműködésével való terjedés. Saját megfigyeléseink az, hogy a terepi felmérések során a gűzűgér (*Mus spicilegus*) a magokból és az ázsiai gyapjűfű virágzatából magas halmokat épített. Ez szintén segítheti a növény magjainak a terjedését, mivel a halomban nagyobb mennyiségű, életképes mag

tud maradni, ami később kicsírázhat, de nagyobb távolságokra így sem képes eljutni a növény (10. ábra).



10. ábra: A terjedés vizsgálata állati közvetítők segítségével (saját fotó)

Az ember lehetséges szerepe a magok terjedésében

A növénytermesztés során használatba vett különböző mezőgazdasági gépek sok esetben jelentős terjesztési potenciállal bírnak. Ezeknek a gépeknek a segítségével egy táblán belül, vagy a táblák között is képesek a gyomnövények magjai, vagy egyéb szaporító részei nagyobb távolságokat megtenni. A terjedés egyik ilyen lehetősége a gépeken megtapadt talajjal együtt a mag is eljut újabb területekre. A másik terjedési lehetőség: a különféle betakarítógépek vagy kombájnok. A kultúrnövények jelenlegi betakarítási technológiája jelentős mértékben kedvező a gyomnövény magjainak a terjesztésére. Ezt figyelték meg az USA-ban is, ahol a *Panicum rudera* faj kezdetben elszigetelt foltokban volt megtalálható egy kukoricatáblán belül, és két év alatt (leginkább a kombájn közreműködésével) az egész területet elfertőzte. A folyamatos mozgásban lévő kombájn, a cséplés és magtisztítás során a gyomoknak a magjait hosszabb-rövidebb távolságra képes magával vinni, ahol azokat szétszórja. A magok terjedésének ütemét nagymértékben befolyásolja a magok mérete, valamint a magérés időzítése. Az ázsiai gyapjúfű életformáját tekintve egy T₄-es gyomnövény, amely már áprilisban csírázik és az időjárástól függően akár egész nyáron kelhet. Így a nyár második felétől a magérlelés folyamatos, aminek az az eredménye, hogy mindig lesz a növényen teljesen beérett mag, amit a kombájn képes lehet terjeszteni. A kutatások rámutattak arra, hogy ezek a gépek képesek a legtávolabbra eljuttatni a gyomnövények magjait, mivel előfordulhat, hogy a

kombájn belsejében a gyommag megakadhat és csak hosszabb idő elteltével fog kijutni a kombájn belsejéből. Következésképpen a gyommagok általában gyorsan keresztülhaladnak a betakarító gépen, de néhány mag jóval később, tehát távolabbra tud eljutni az anyanövénytől (Magyar, 2020).

Vizsgálatunk során az ázsiai gyapjúfűvel fertőzött területekről a kombájn cséplése és magtisztítása után visszamaradt kukoricaszár/levél maradványt átvizsgálva több vizsgálati mintában megtaláltuk az ázsiai gyapjúfű magját. Tehát a kombájn a gyomnövények magterjedésében jelentős szerepet töltenek be. A táblák között is képesek lesznek ezáltal az ázsiai gyapjúfű növény magjai nagyobb távolságokra eljutni. Ebben nagy szerepe van a bér munkáltatásnak is, amely a fertőzött területről újabb területekre képes a gyomnövénynek a magjait elszállítani. A térképen jelzett felvételezés is arra utal, hogy egy-egy blokkon belül kialakulnak fertőzési gócpontok, amik majd segítik a táblán belüli további elterjedést. Különösen oda kell figyelni a táblabejárókra, a táblaszegélyekre, valamint a forgókra, mivel ezek a táblán belüli magterjesztés elsődleges kiindulási forrásai.

A terjedési vizsgálatok során kapott eredmények rámutatnak arra, hogy saját terjesztő képessége, illetve az állatokkal történő terjedés lehetősége minimális az ázsiai gyapjúfű esetében. Az ember terjesztő szerepe viszont annál nagyobb. A terjedés lehetőségét tudjuk mérsékelni, ha a művelő és a betakarító eszközöket rendszeresen tisztán tartjuk. Oda kell figyelni arra is, hogy a fertőzött területet a betakarítás végére időzítsük, és a gépeket kellően megtisztítsuk utána. Ezeknek az invazív fajoknak a mielőbbi felismerése is fontos az adott táblában, hogy a fertőzési gócok ellen mihamarabb tudjunk megfelelően védekezni. Vannak már olyan betakarító kombájnok külföldön, amelyek különböző technológiák segítségével (pl. gyűjtő kocs, HarringtonTM magaprító gép stb.) csökkenteni tudják a kombájnok gyommag terjesztő képességét és ezáltal mérséklük a talajok gyommagkészletét. Ez a herbicid mentes, alternatív gyomszabályozási módszer a Harvest Weed Seed Control (HWSC), amit magyarul úgy is hívnak, hogy betakarítással egy menetben elvégzett gyommag mentesítés. A technológiának a lényege az, hogy a kombájnba bekerült gyommagokat megakadályozzák abban, hogy visszajussanak a művelt területre (Walsh, 2012).

4.2 Az ázsiai gyapjűfű allelopatikus tulajdonsága

4.2.1 Az ázsiai gyapjűfű allelopatikus hatásának vizsgálata a növény különböző részeinek vonatkozásában

Abban az esetben, ha bebizonyosodik egy növényről, hogy termel allelopatikus anyagokat a kompetíciója során, akkor fontos megvizsgálni azt is, hogy a növény mely része tartalmazza az allelo-kemikáliák jelentősebb hányadát. Vizsgálataink ezt próbálták kideríteni.

A vizsgálatba az ázsiai gyapjűfű gyökeréből, hajtásából és a virágzatából készült, 4- és 8 %-os vizes kivonatokat használtuk fel. A vizsgálatban a gátló hatást három tesztnövény csírázásán elemeztük (napraforgó, saláta és kukorica).

*A kivonatok hatása a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) csírázására*

A 4%-os kivonatok esetében a hajtásból és a gyökérből készült kivonatnál szignifikáns eltérést tapasztaltunk. A virágzatból készült kivonat esetén nem volt tapasztalható statisztikailag igazolható különbség (1. táblázat).

1. táblázat: Az ázsiai gyapjűfű különböző részeiből készült 4 %-os kivonatok hatása a napraforgó csírázására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik (p <0,05)

Növényi rész	Kezelések:
Hajtás	76.33 ± 1.52 b
Virágzat és mag	84.33 ± 0.57 a
Gyökér	78.33 ± 0.57 b
Kontroll	85.66 ± 3.05 a

A magasabb koncentrációjú (8%-os) oldat esetében is hasonló eredményt kaptunk. A kontroll mintákhoz képest a gyökérből és a hajtásból készült kivonatok szignifikáns eltérést mutattak. A koncentráció emelésével viszont a hajtás és a gyökér közötti különbség is statisztikailag eltért. A legerősebb gátló hatást a napraforgó kaszat csírázására a hajtáskivonat adta. A vizsgált növény virágzatából készült kivonat szintén nem mutatott különbséget a kontroll mintákhoz képest, illetve hatása statisztikailag nem tért el a gyökérvonattól (2. táblázat).

2. táblázat: Az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készült 8 %-os kivonatok hatása a napraforgó csírázására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Növényi rész	Kezelések:
Hajtás	66.66 ± 1.52 c
Virágzat és mag	83.00 ± 1.00 ba
Gyökér	79.66 ± 1.52 b
Kontroll	85.66 ± 3.05 a

Az ázsiai gyapjúfűből készült 4- és 8%-os kivonatok esetében sikerült statisztikailag is igazolni a gátló hatást a napraforgó kaszat csírázására. A koncentráció emelésével a gátlás is erősödött. Hasonló eredményt kapott Nadeem és munkatársai (2020) vizsgálatában, ahol a *Carthamus tinctorius* L. különböző részeinek kivonatait használta fel a kakaslábfű csírázásának gátlására.

A különböző növényi részekből készült kivonatok között volt különbség. A leggyengébb hatást a vizsgált növény virágzatából készült kivonatokkal értünk el. Ebben az esetben a kontroll mintához viszonyítva nem volt statisztikailag igazolható különbség az eltérő koncentrációk között sem. A gyökérből készült kivonatok esetében a gátló hatás már nagyobb volt, míg a legerősebb gátló hatást a hajtásból készült kivonattal tudtuk elérni.

A vizsgálat rámutat arra, hogy Magyarországon nagy területen termesztett napraforgó csírázására milyen nagymértékű gátlást tudott kifejteni az ázsiai gyapjúfű vizes kivonata. Ez egyben rávilágít arra a tényre is, hogy potenciálisan milyen jelentőségű ez a gyomnövény ebben a kapás kultúrában.

A kivonatok hatása a saláta (*Lactuca sativa* L.) csírázására

A kerti saláta (mint érzékeny teszt növény) esetében is vizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű gátló hatását. Itt is 4- és 8 %-os növényi kivonatokat használtunk. A 4 %-os kivonat esetében azt tapasztaltuk, hogy a növény különböző részeiből készült kivonatok mindegyike szignifikánsan gátolta a saláta magok csírázását a kontroll mintákhoz viszonyítva. A virágzatból készült kivonat gátló hatása viszont nem volt olyan mértékű, mint a gyökér- és a hajtáskivonatok esetében. Ez utóbbi két oldat hatása egymástól statisztikailag nem is tért el (3. táblázat).

3. táblázat: Az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készült 4 %-os kivonatok hatása a kerti saláta csírázására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Növényi rész	Kezelések:
Hajtás	61.56 ± 2.08 c
Virágzat és mag	70.66 ± 1.52 b
Gyökér	60.66 ± 1.52 c
Kontroll	78.33 ± 2.51 a

A 8 %-os koncentrációjú oldatok esetében hasonló eredményt kaptunk, mint a 4 %-os kivonat esetében. Tehát a kontrolltól minden növényi rész 8 %-os oldata szignifikánsan eltért. A virágzatból készült kivonat gátló hatása viszont nem volt olyan erős, mint a gyökérből és a hajtásból készült oldatoké. A gyökér- és hajtás kivonatának a hatása nem tért el statisztikailag egymástól (4. táblázat).

4. táblázat: Az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készült 8 %-os kivonatok hatása a kerti saláta csírázására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Növényi rész	Kezelések:
Hajtás	55.00 ± 2.64 c
Virágzat és mag	68.33 ± 0.57 b
Gyökér	56.00 ± 1.01 c
Kontroll	78.33 ± 2.51 a

A kerti salátával elvégzett kísérlet jól mutatja azt, hogy az ázsiai gyapjúfű különböző részei allelopatikus potenciállal rendelkeznek. Az is látható, hogy a virágzathoz készült kivonat ennél a tesztnövényen statisztikailag is igazolhatóan képes volt gátolni a saláta magok csírázását a kontroll mintákhoz képest. Tehát a növény termel allelopatikus anyagokat, de ez eltérő koncentrációban fog a növény egyes részeiben megjelenni. A legnagyobb gátló hatást a hajtás- és a gyökérkivonat mutatta, amelyeknél statisztikailag nem volt eltérés a 4- és 8 %-os koncentrációjú kivonatok között.

A kivonatok hatása a kukorica (*Zea mays* L.) csírázására

Takarmánykukorica vetőmag csírázására gyakorolt gátló hatást is megvizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű kivonatok esetében. A felhasznált kivonat koncentrációk itt is 4- és 8 %-os voltak. A vizsgálati eredmények azt mutatták, hogy az oldatok okoztak némi gátló hatást a csírázásra, viszont statisztikailag ezek nem tértek el. Ez a nagyobb koncentráció esetében sem változott (5. táblázat).

5. táblázat: Az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készült kivonatok hatása a kukorica vetőmag csírázására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

A 4 %-os kivonatok hatása:

Növényi rész	Kezelések:
Hajtás	96,33±0,57 a
Virág és mag	98,33±0,57 a
Gyökér	97,66±0,57 a
Kontroll	99,66±0,57 a

A 8 %-os kivonatok hatása:

Növényi rész	Kezelések:
Hajtás	97,00±0,0 a
Virág és mag	99,33±0,57 a
Gyökér	97,00±1,0 a
Kontroll	99,66±0,57 a

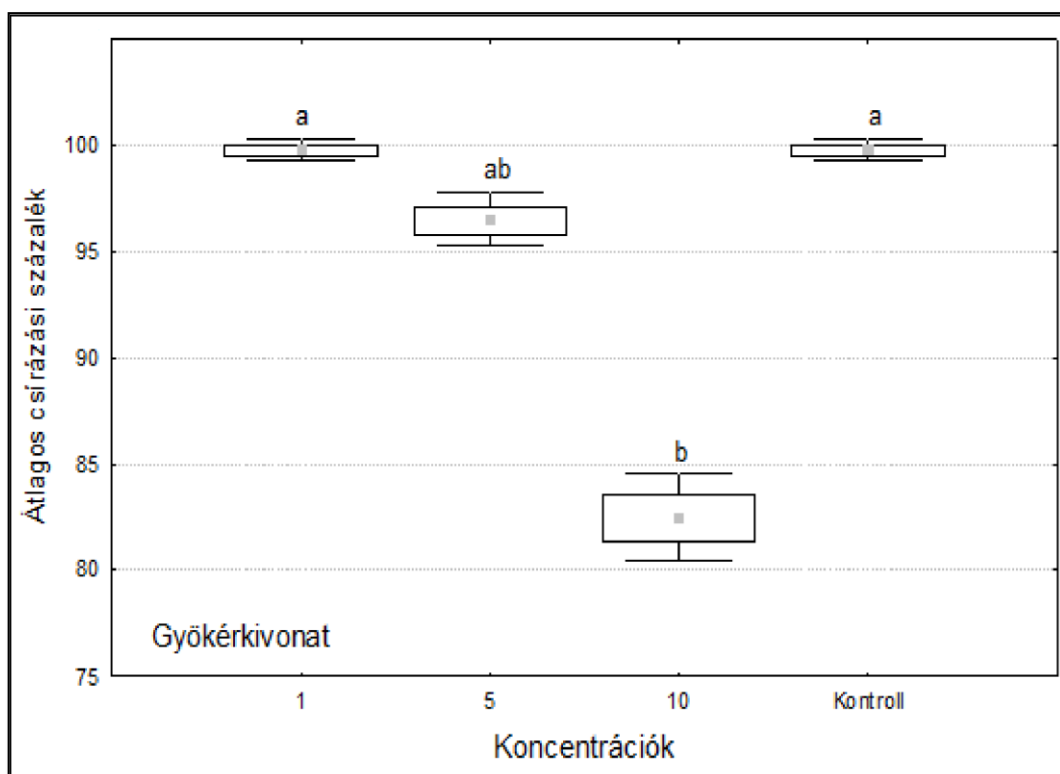
Az ázsiai gyapjúfű kivonatok által a kukorica csírázására gyakorolt gátló hatást statisztikailag nem tudtuk igazolni. A kukorica vélhetően jobban tolerálja az ázsiai gyapjúfű által termelt, gátló vegyületeket.

A kutatási eredmények rámutatnak arra, hogy az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készült vizes kivonatok gátolják a magok csírázását. Az is jól látszik, hogy az érzékenyebb kultúrnövény (pl. saláta) esetében ez a hatás erőteljesebb. A kutatás rámutat arra is, hogy a vizsgált növényi részekből készült kivonatok gátló hatása között jelentős különbség van. A legerősebb gátló hatást az ázsiai gyapjúfű hajtásából és gyökeréből készített vizes oldattal sikerült elérni. A virág- és a mag vizes kivonatai esetében már a hatás gyengült, ami az érzékenyebb teszt növény esetében még statisztikailag eltérő, de a napraforgó és a kukorica esetében a hatás már nem szignifikáns.

4.2.2 Az ázsiai gyapjúfű allelopátiájának vizsgálata különböző koncentrációkkal a fehér mustár esetében

A gyökérből készült kivonatok hatásai:

A vizsgálat során az ázsiai gyapjúfű gyökérkivonatának szignifikáns gátló hatása volt a tesztnövény csírázására (K-W: $H(3, 16) = 13,4162$; $p = 0,0033$). Az *Eriochloa villosa* gyökérből készült 10 %-os növényi kivonat a kontroll és az 1 %-os oldat hatását szignifikánsan felülmúlta. A kontroll minta és az 1 %-os minta hatása szignifikánsan nem tért el egymástól. Az 5 %-os kivonat esetében a kontroll és az 1 %-os, valamint a 10 %-os koncentráció esetében nem volt kimutatható a szignifikáns különbség (11. ábra).

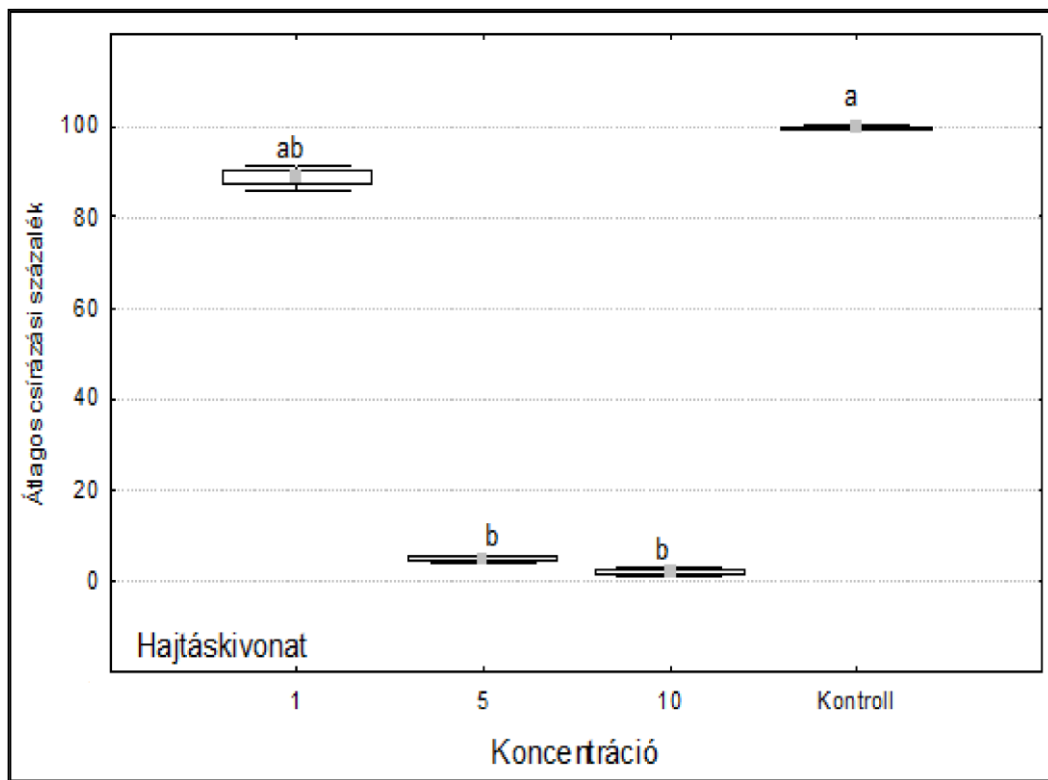


11. ábra: Gyökérkivonatok hatása a fehér mustár csírázási százalékára. A kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik Mann-Whitney U-teszt: $p < 0,05$

A hajtásból készült kivonatok hatásai:

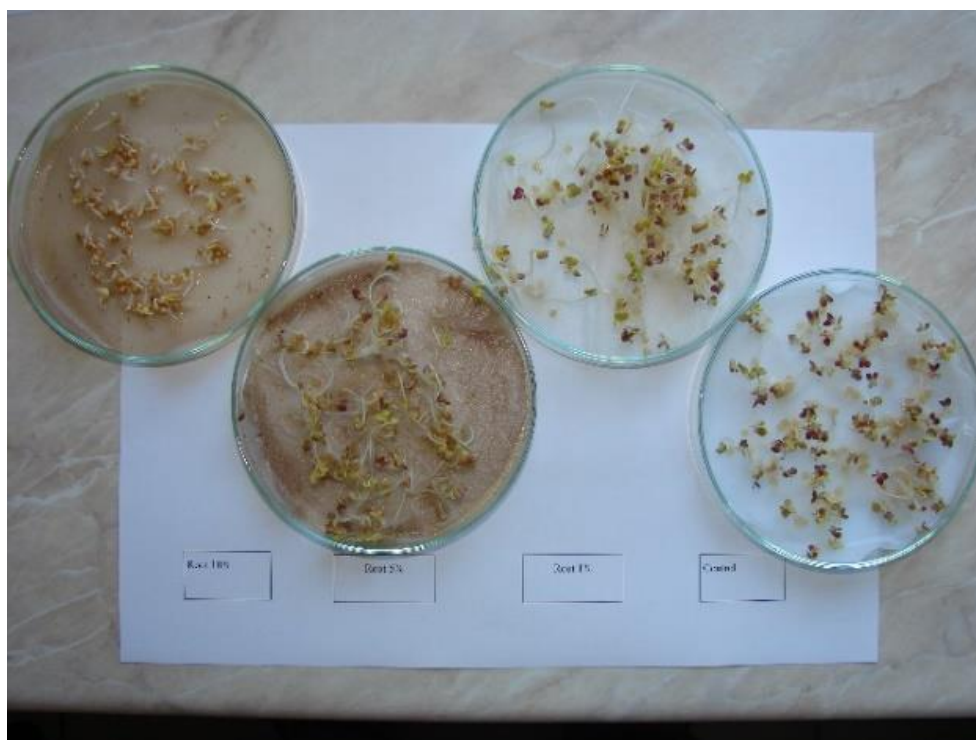
A vizsgálatok során az ázsiai gyapjúfű hajtásából készült kivonatnak szignifikánsan eltérő hatása volt kimutatható a tesztnövény csírázására (K-W: $H(3,16) = 14,2433$, $p = 0,0026$). Az 5 és 10 %-os oldatnak a hatása szignifikánsan felülmúlta a kontroll Petri-

csészében mért eredményeket. Az ázsiai gyapjúfű hajtásából készült 1 %-os növényi kivonat hatása szignifikánsan nem tért el a kontroll, az 5 és 10 %-os kivonat hatásától (12. ábra).

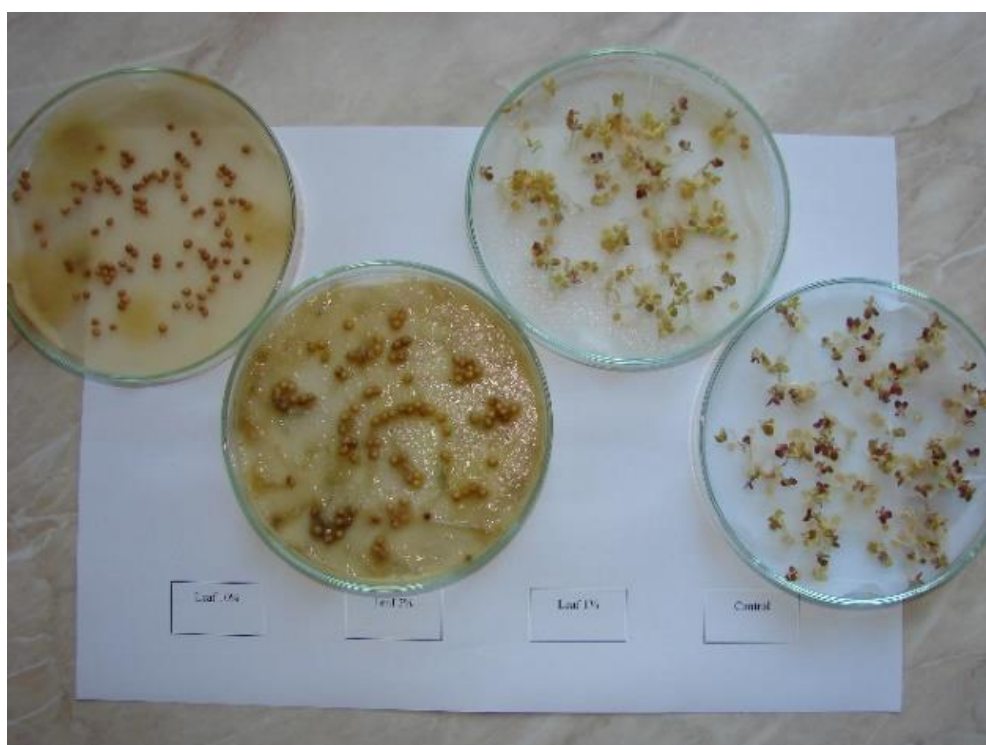


12. ábra: Hajtáskivonatok hatása a fehér mustár csírázási százalékára. A kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik Mann-Whitney U-teszt: $p < 0,05$

Összességében elmondható, hogy az ázsiai gyapjúfű hajtáskivonata, valamint a gyökérkivonata is igazolható hatást mutatott a fehér mustár csírázására a kontroll mintákhoz képest. Ezt a hatást a koncentráció emelkedése csak fokozta és a 10 %-os kivonatok esetében volt szignifikáns. A csírázásgátlás az *Eriochloa villosa* hajtásából készült kivonatok esetében drasztikusabb volt a fehér mustármagok esetén (13.-14. ábra).



13. ábra: Az ázsiai gyapjűfű a gyökérkivonat csirázásgátló hatása a fehér mustár magjain

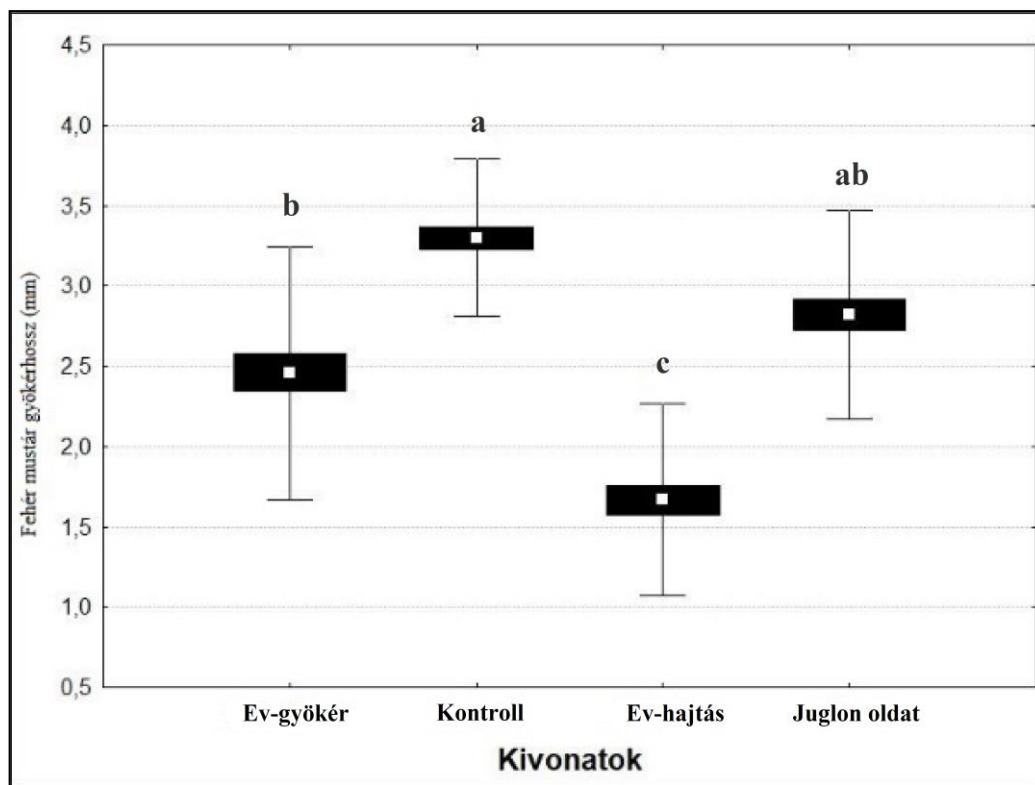


14. ábra: Az ázsiai gyapjűfű hajtáskivonatainak a csirázásgátló hatása a fehér mustár magjain

4.2.3 Az alkalmazott csírázási teszt eredményei a juglon-index meghatározására

A kivonatok hatása a tesztnövény gyökérhossz növekedésére:

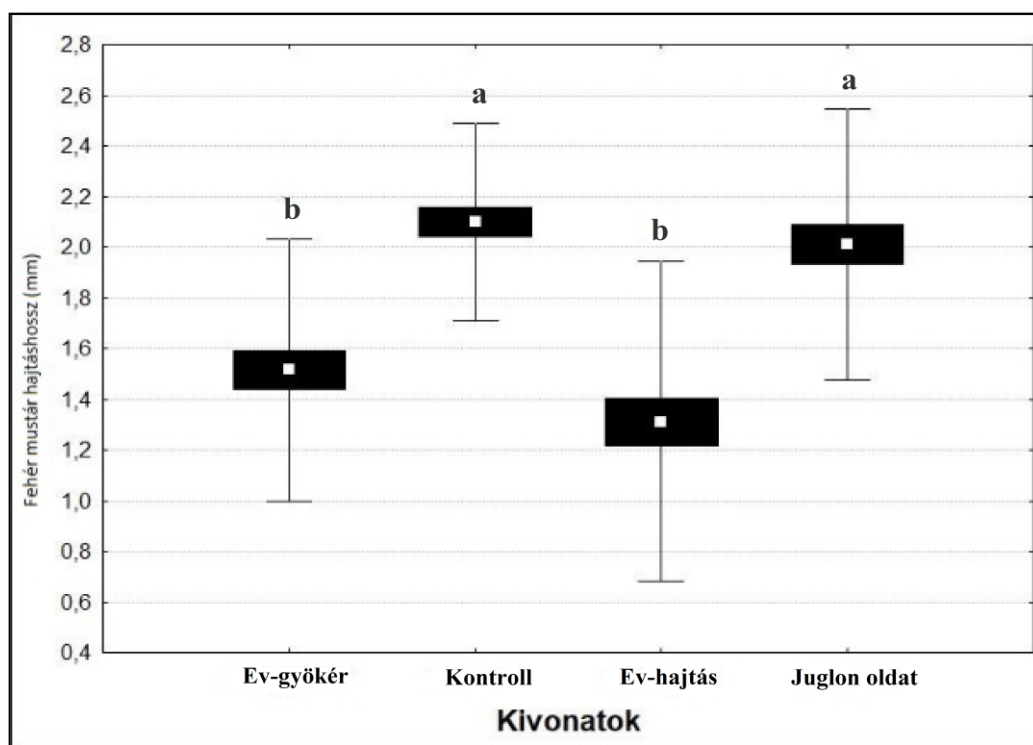
A kísérlet beállítását követő 4. napon a kivonatokkal kezelt fehér mustár növények gyökérhosszúsága jelentős arányban visszamaradt a kontroll mustár növényekhez képest, ami alapján megállapítható, hogy az ázsiai gyapjúfű hajtás- és gyökérkivonatának a vizes oldata gátolta a fehér mustár növények fejlődését. Ennek a gátló hatásnak a mértéke mindkét kivonat esetében szignifikáns volt. A juglon-index meghatározása miatt a juglon 1 mM oldat hatását is vizsgáltuk a fehér mustár fejlődésére. Látható, hogy a juglon hatása szignifikánsan nem tér el a kontrolltól és az ázsiai gyapjúfű gyökérkivonatától. A legerősebb gátló hatást a fehérmustár gyökerének a fejlődésére az *Eriochloa villosa* hajtásából készült kivonat eredményezte (15. ábra), ami mindhárom kezeléstől statisztikailag is eltért.



15. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hajtás és gyökérkivonat (Ev-gyökér, Ev-hajtás), valamint juglon (1mM) oldat hatása a fehér mustár tesztnövény gyökérhossz növekedésére. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik Bonferroni teszt alapján ($p < 0,05$)

A kivonatok hatása a tesztnövény hajtáshossz növekedésére:

A vizsgálat során a kezelést követő negyedik napon mért hajtáshossz eredmények szintén jelentős eltéréseket mutattak az egyes kezelések között. A fehér mustár hajtásának a növekedésére a legerőteljesebb gátlást az *Eriochloa villosa* hajtásából és gyökeréből készült növényi kivonat okozta. A fehér mustár növény hajtásfejlődése esetében is az ázsiai gyapjűfűből készült hajtáskivonat okozta a legerőteljesebb gátlást. A juglon oldat (1mM) hatással volt a fehér mustár hajtásfejlődésére, de eredménye szignifikánsan nem tért el a kontrolltól. A vizsgált ázsiai gyapjűfű növény gyökeréből és hajtásából készült kivonatok azonban már szignifikánsan gátolták a fehér mustár hajtásnövekedését (16. ábra).

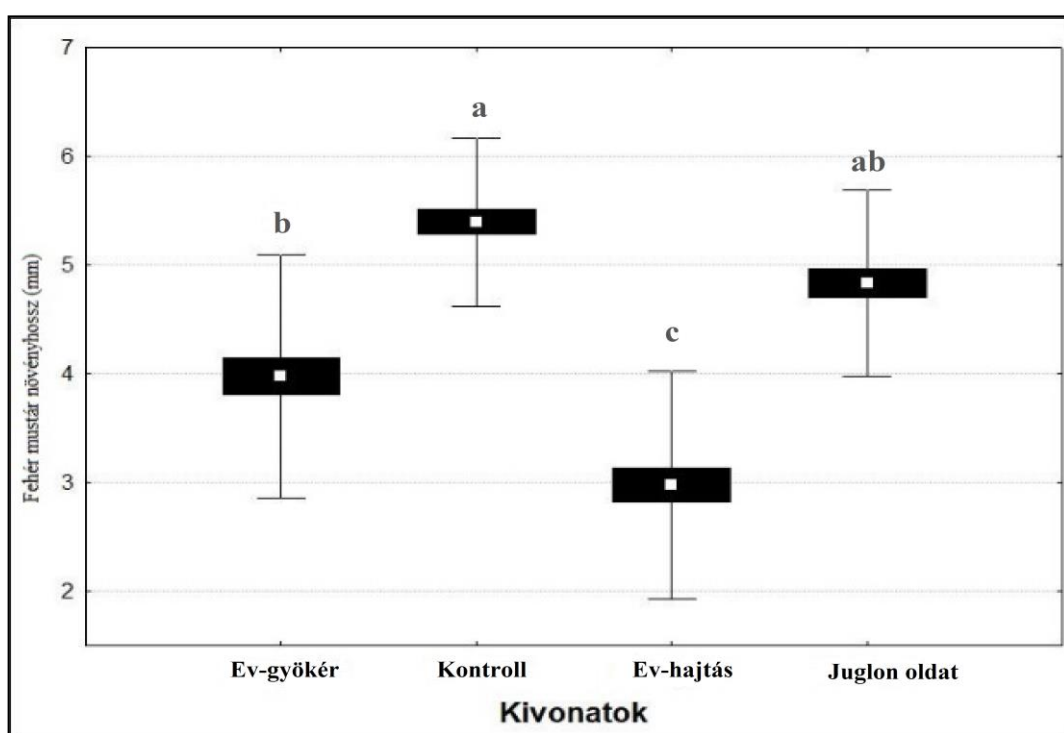


16. ábra: Az ázsiai gyapjűfű hajtás és gyökérkivonat (Ev-gyökér, Ev-hajtás), valamint juglon (1mM) oldat hatása a fehér mustár hajtáshossz növekedésére. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik Bonferroni teszt alapján ($p < 0,05$)

A kivonatok hatása a tesztnövény teljes hosszára:

A növény teljes hosszúságát a gyökér- és a hajtáshossz összegéből kaptuk meg. A vizsgálat eredménye során az ázsiai gyapjűfű gyökér- és hajtáskivonata a kontrollhoz

viszonyítva jelentős mértékben, azaz statisztikailag is igazolhatóan gátolta a fehér mustár fejlődését. Az *Eriochloa villosa* gyökér- és hajtás kivonatai esetén a korábbi eredmények alapján valószínűsíthető volt ez az eredmény. A juglon oldat esetén a mustár hajtáshossz növekedésénél tapasztalt gyengébb hatását a gyökernövekedésre gyakorolt erőteljesebb gátló hatás kiegészítette olyan szinten, hogy az egész növényre nézve a gátló hatás jelentős mértékűnek mutatkozott, bár ez szignifikánsan nem tért el a kezeletlen kontrolltól. A legnagyobb gátlást a fehér mustár fejlődésére az ázsiai gyapjűfű hajtásából készült növényi kivonat okozta, de emellett a vizsgált gyomnövény gyökérkivonata is jelentős fejlődési lemaradást eredményezett (17. ábra).



17. ábra: Az ázsiai gyapjűfű hajtás- és gyökérkivonat (Ev-gyökér, Ev-hajtás), valamint juglon (1mM) oldat hatása a fehér mustár növekedésére. Az eltérő kisbetűk a szignifikáns különbségeket jelölik Bonferroni teszt alapján ($p < 0,05$)

A vizsgálati eredmények rámutatnak arra, hogy az ázsiai gyapjűfűnek van allelopatikus hatása, amelyet már több alkalommal is sikerült igazolni. Ezeknek a vegyületeknek a koncentrációja is eltér a növényen belül. Ezt a korábbi kísérleteink is jól alátámasztják. Az eredmények azt mutatják, hogy az ázsiai gyapjűfű hajtásából készített kivonatoknak a gátló hatása erőteljesebb volt a gyökérkivonatokhoz képest.

Az ázsiai gyapjűfű juglon-index vizsgálata:

Az ázsiai gyapjűfű hajtásából készített kivonat esetében mért adatok a juglon-index (I_j) képletébe behelyettesítve a következő eredményt kaptuk:

$$I_j = \frac{(2,011 + 2,747 + 97,600)}{(1,311 + 1,660 + 92,000)} = \mathbf{1,078}$$

Az így kapott juglon-index érték egynél nagyobb (ami a korábbi statisztikai összevetésekből is látszott). Az ázsiai gyapjűfű hajtásából készült kivonatnak erősebb volt a hatása a fehér mustár fejlődésére, mint a referenciaként felhasznált juglon oldatnak. A vizsgált növény hajtás- és gyökérhosszra gyakorolt gátló hatását már a fehér mustár növekedése során láthattuk, ezen túl az ázsiai gyapjűfű hajtáskivonata esetén a csírázásgátlás is nagyobb mértékű volt. Mindezek eredményezik az egynél nagyobb értéket. Tehát az ázsiai gyapjűfű hajtásából készült kivonatnak az allelopatikus hatása erősebb a juglon oldat (1mM) hatásánál.

Az ázsiai gyapjűfű gyökeréből készített kivonat esetében mért adatokat a juglon-index (I_j) képletébe behelyettesítve a következő eredményt kaptuk:

$$I_j = \frac{(2,011 + 2,747 + 97,600)}{(1,516 + 2,637 + 98,000)} = \mathbf{1,002}$$

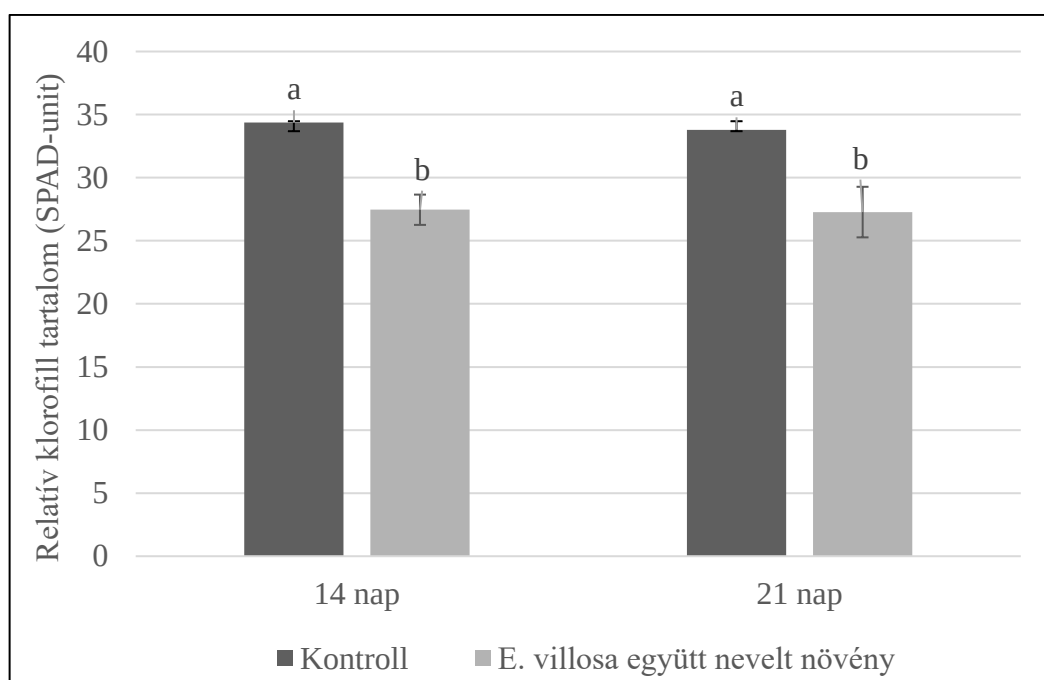
Az ázsiai gyapjűfű gyökeréből készített kivonat eredményét megvizsgálva láthatjuk, hogy a kivonat és a juglon oldat hányadosa csaknem egy, ami alapján arra következtetünk, hogy az ázsiai gyapjűfű gyökeréből készített vizes oldat hatása csaknem azonos a juglon oldat (1mM) hatásával, tehát az allelopatikus hatása a dió levelével egyenértékű.

A juglon-index meghatározása során látható, hogy az ázsiai gyapjűfű rendelkezik az allelopátia képességével, amely jelentős mértékben segíti az inváziós terjedése és a többi növényrel folytatott versengése során.

4.2.4 Az ázsiai gyapjúfű jelenléte által előidézett válaszreakció vizsgálata Armagnac kukorica hibriden

Az ázsiai gyapjúfű hatása a kukorica relatív klorofill tartalmára és a fotoszintetikus pigmentekre

A vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az ázsiai gyapjúfű allelopatikus hatása révén a kukorica fotoszintetikus pigmentjei csökkentek. A kukorica levelein mért relatív klorofill-tartalom is jelentős mértékben lecsökkent. A relatív klorofill-tartalmat két időpontban mértük (a kelés utáni 14. és 21. napon), amelyek során mindkét esetben, statisztikailag is igazolható különbséget sikerült kimutatnunk (18. ábra). Az ötödik levélen történt mérések során ez az érték elérte a 18,20 %-os relatív klorofilltartalom csökkenést.

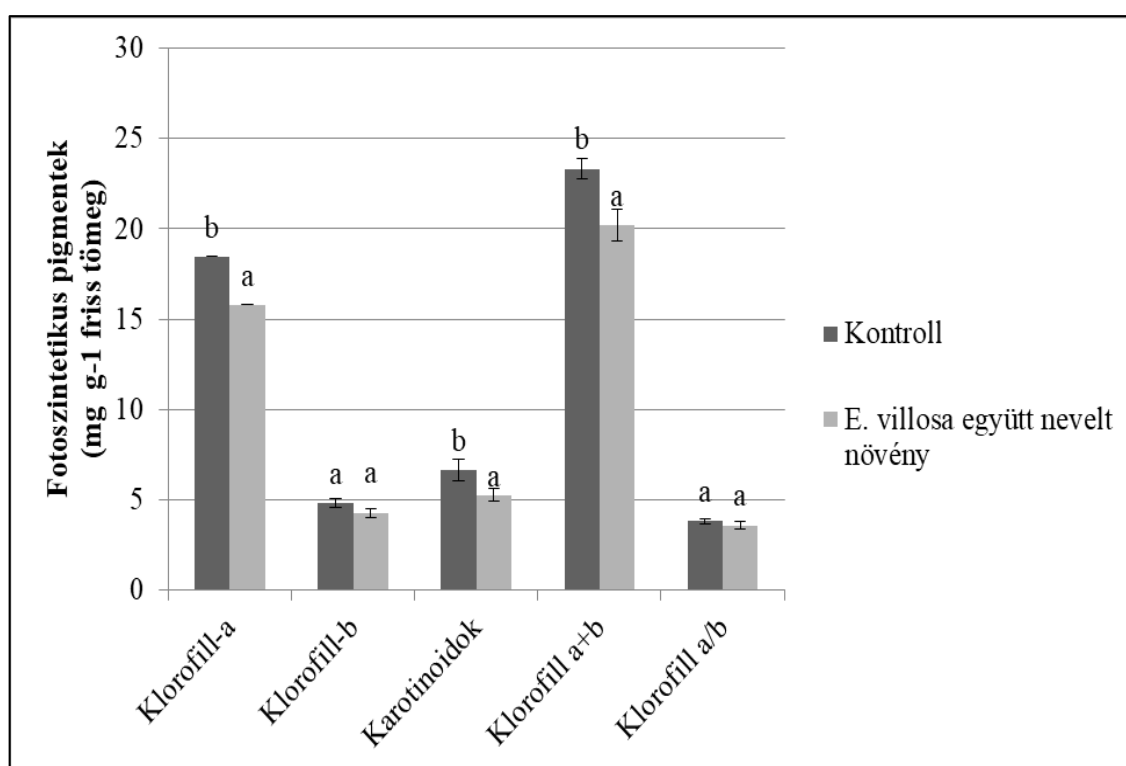


18. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica levelek relatív klorofill-tartalmára. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Mivel a relatív klorofill-tartalom egy relatív érték, ezért az egyes fotoszintetikus pigmentek mennyiségét is szükséges meghatároznunk.

A kukorica fotoszintetikus pigmentek mennyiségi vizsgálata során, az ázsiai gyapjúfű kedvezőtlenül hatott a klorofill-a (15 %-os eltérés), a karotinoidok (20 %-os eltérés) és a klorofill a+b (17 %-os eltérés) paraméterek esetében, amely adatok statisztikailag is eltértek egymástól.

A vizsgálati eredmények nem mutattak szignifikáns eltérést a klorofill-b tartalomnál, tehát az ázsiai gyapjúfű allelopatikus hatása nem befolyásolta ennek a pigmentnek a mennyiségét. A mintavétel a fotoszintetikus pigmentek mennyiségi vizsgálata esetében a második időpontban, azaz a 21. napon történt (19. ábra).



19. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica egyes levél fotoszintetikus pigmentekre (klorofill-a, klorofill-b és karotinoidok). A kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Az ázsiai gyapjűfű hatása az Armagnac kukorica gyökérparamétereire, növekedésére és a száraztömegére

Az ázsiai gyapjűfű hatása az Armagnac kukorica gyökérparamétereire

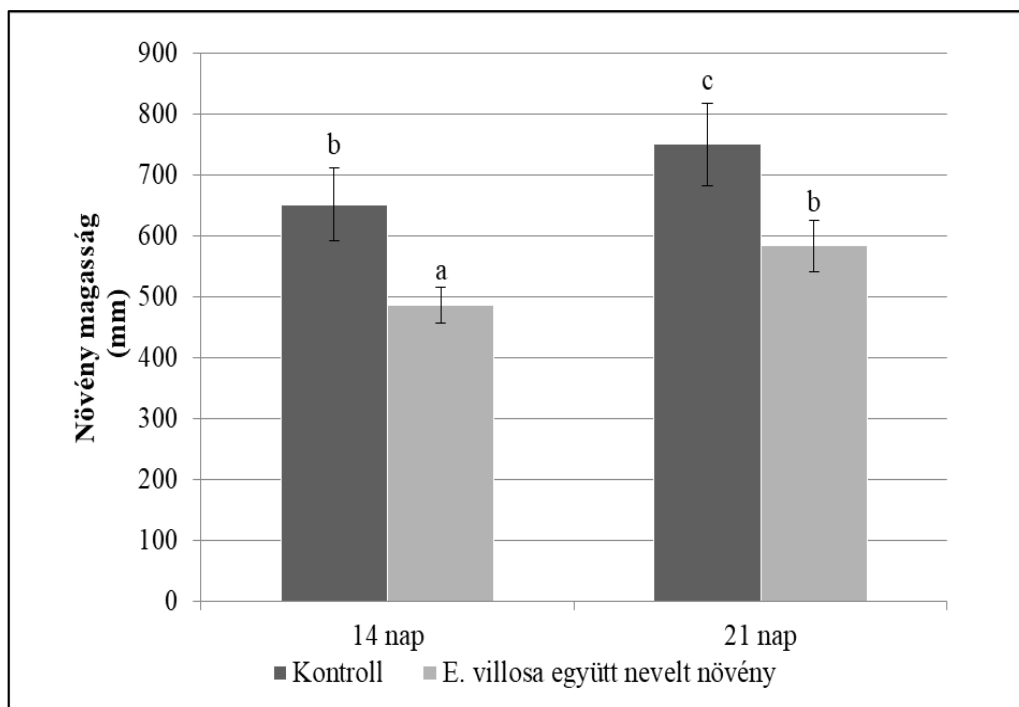
A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy az ázsiai gyapjűfű hatással volt a kukorica tesztnövényre. Negatívan hatott a gyökérparaméterekre, mint pl. a teljes gyökérhosszra, a gyökértérfogatra, a gyökér felületére és a gyökérátmérőre. Az ázsiai gyapjűfűvel együtt nevelt kukorica növények esetében a gyökérátmérő alacsonyabb volt, de ez a csökkenés nem mutatott szignifikáns eltérést (6. táblázat).

6. táblázat: Az ázsiai gyapjűfű hatása az Armagnac kukorica teljes gyökérhosszára (cm), a gyökértérfogatra (cm³), az átlagos gyökérátmérőre (mm), a gyökérfelületre (cm²) és a gyökérhosszra a gyökérátmérő-frakciók alapján (cm) 21. napon (n=5)

Kezelések		
Gyökér paraméterek	Kontroll	Az ázsiai gyapjűfűvel együtt nőtt növény
Teljes gyökérhossz	757.17 ± 41.22 a	478.49 ± 79.62 b
Mellékgyökérhossz	1.54 ± 0.070 a	0.76 ± 0.11 b
Átmérő	0.49 ± 0.011 a	0.46 ± 0.03 a
Felület	117.58 ± 12.05 a	67.24 ± 13.39 b
<0.2 mm	382.67 ± 30.58 a	283.89 ± 55.53 b
0.2 - 0.4 mm	118.95 ± 20.75 a	53.77 ± 8.15 b
0.4 - 0.6 mm	27.91 ± 4.85 a	11.21 ± 2.61 b
0.6 - 0.8 mm	61.81 ± 1.19 a	42.19 ± 3.45 b
0.8 - 1 mm	84.18 ± 6.18 a	41.10 ± 5.10 b
> 1.0 mm	94.79 ± 7.48 a	46.23 ± 10.14 b

Az ázsiai gyapjűfű hatása az Armagnac kukorica növekedésére

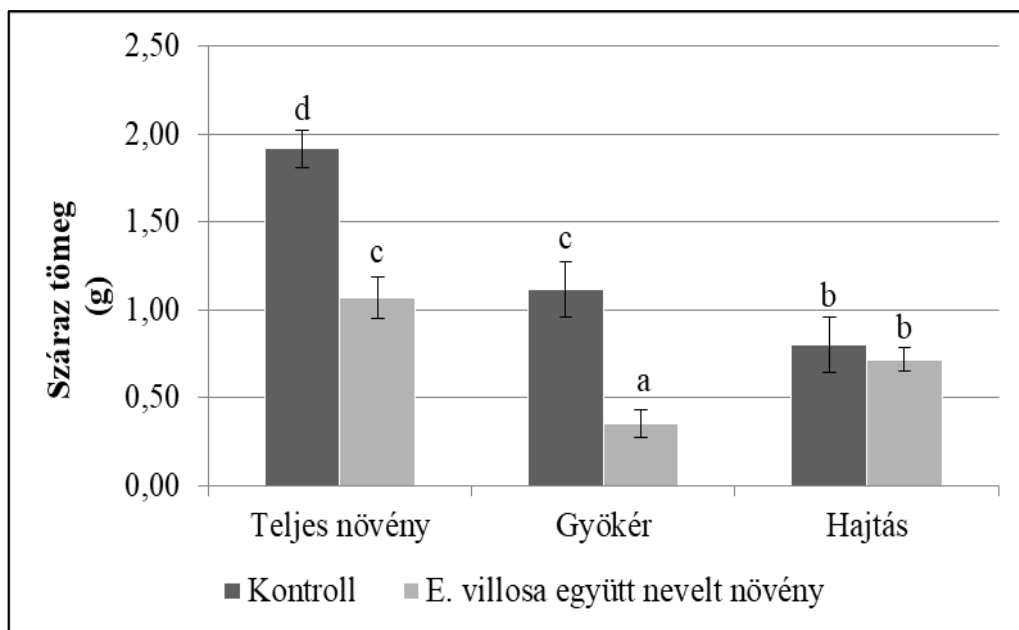
Az ázsiai gyapjűfűvel együtt nevelt kukorica növénymagassága csökkent, mind a 14. napon és a 21. napon is a kontroll növényekhez képest. Ez a gátlás a 14. napon 25 %-os, a 21. napon pedig 22 %-os eltérést eredményezett, amely statisztikailag igazolhatóan is eltérő volt (20. ábra).



20. ábra: Az ázsiai gyapjűfű hatása az Armagnac kukorica növénymagasságára. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Az ázsiai gyapjűfű hatása az Armagnac kukorica száraz tömegére

A vizsgálatok során megfigyelhető volt, hogy az ázsiai gyapjűfűvel együtt nevelt kukorica tesztnövények száraz biomassza tömege csökkent a kontroll növények tömegéhez képest. Ezt a növekedésgátlást sikerült statisztikailag is igazolni a gyökér száraz tömege, valamint a teljes biomassza (gyökér + hajtás) esetében (31 %-os, illetve 56 %-os eltérés). A hajtás száraz tömege esetében nem volt szignifikáns különbség az ázsiai gyapjűfűvel együtt nevelt és a kontroll kukorica növények között (21. ábra).

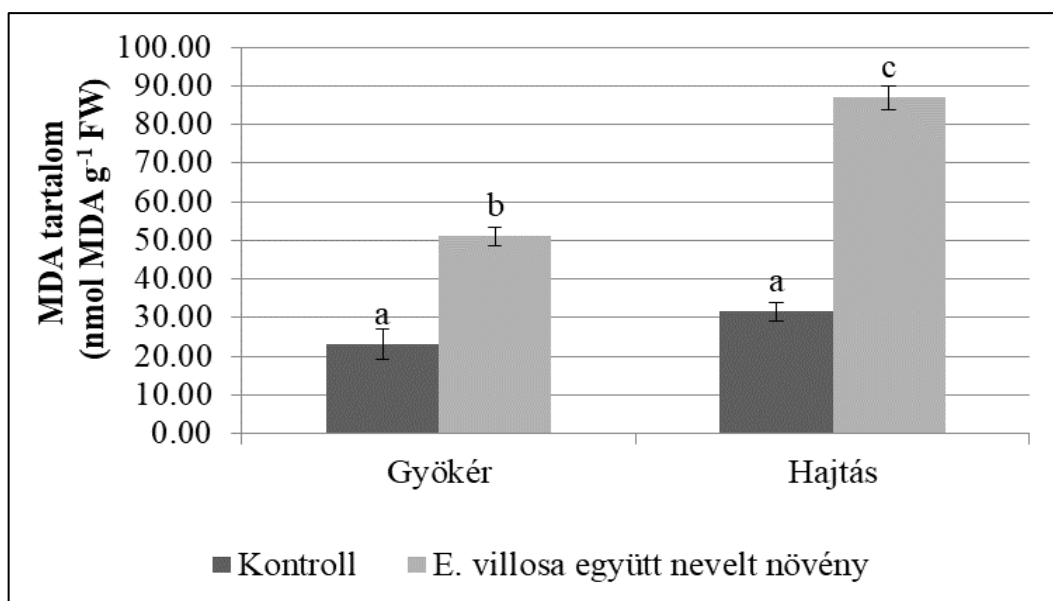


21. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica száraz tömegére. A különféle kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica hibrid MDA-tartalmára, az APX, SOD és POD aktivitására, valamint a fehérjetartalmára

Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica különféle részeinek MDA-tartalmára

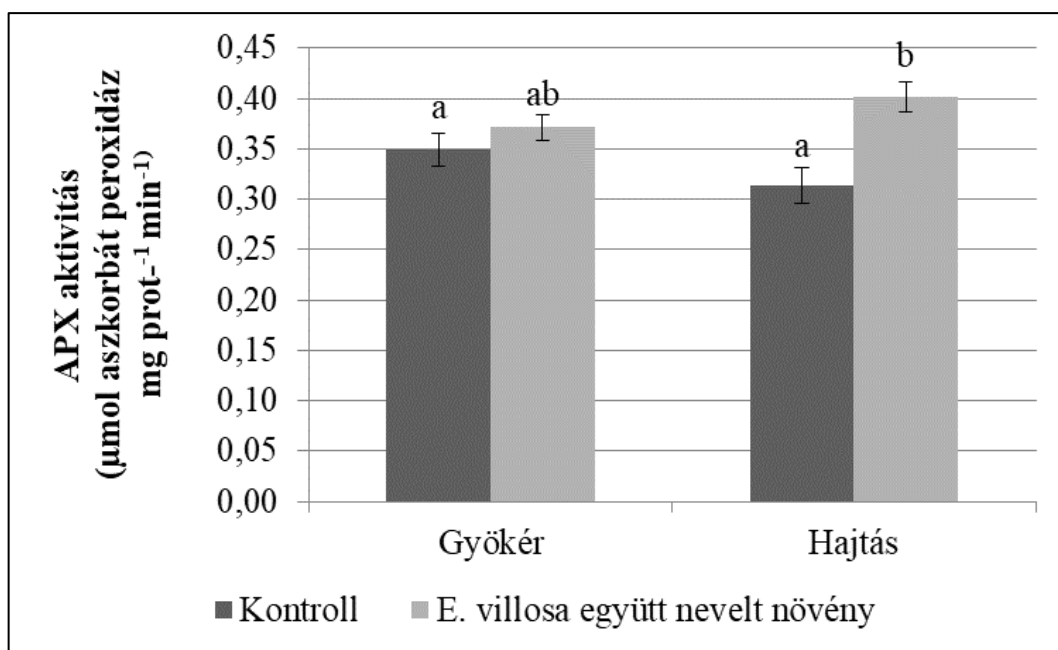
A vizsgálatunk során vizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű okozta hatást a kukorica tesztnövény biokémiai paramétereire is. Ilyen paraméter az MDA (malondialdehid) tartalom, amelynek az értékét mértük a hajtásban és a gyökérben is. A kontroll növények malondialdehid tartalma szignifikánsan nem tért el a gyökérben és a hajtásban. Az ázsiai gyapjúfűvel együtt nevelt növények esetében viszont már volt eltérés, ennek az eredménye, hogy statisztikailag is igazolhatóan megnövekedett a gyökérben (23 %-os eltérés) és a hajtásban (71 %-os eltérés) az MDA tartalom. Ha az ázsiai gyapjúfűvel együtt nevelt növények malondialdehid tartalmát nézzük, látható, hogy növényen belül eltérés van a hajtásban és a gyökérben mérhető mennyiségek között (22. ábra).



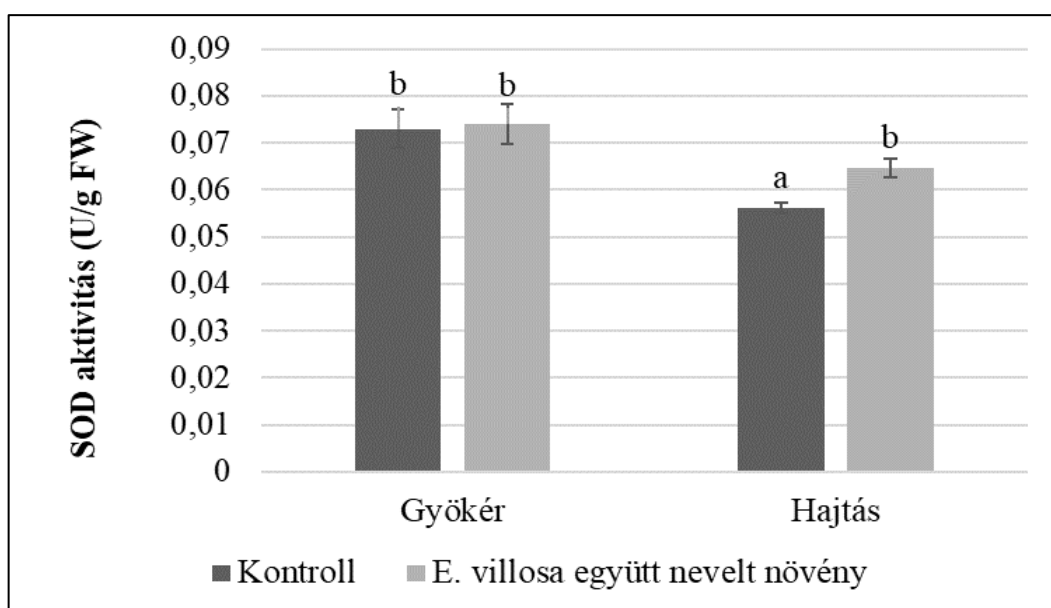
22. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica különféle részeinek MDA-tartalmára. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica különféle részeinek APX és SOD aktivitására

A méréseink során vizsgáltuk a növények aszkorbát-peroxidáz (APX) és a szuperoxid-dizmutáz (SOD) aktivitását is. Az ázsiai gyapjúfűvel együtt nőtt kukorica növényekben ezeknek az enzimeknek az aktivitása megemelkedett a kontroll növényekhez képest. Viszont statisztikailag csak a hajtásokban volt jelentősebb különbség, ami az APX (28 %-os eltérést) és a SOD (16 %-os eltérést) magasabb szintjeit eredményezte. A gyökér APX és SOD enzim aktivitása a kontroll mintákhoz képest csak kis mértékben emelkedett meg (23.-24. ábra).



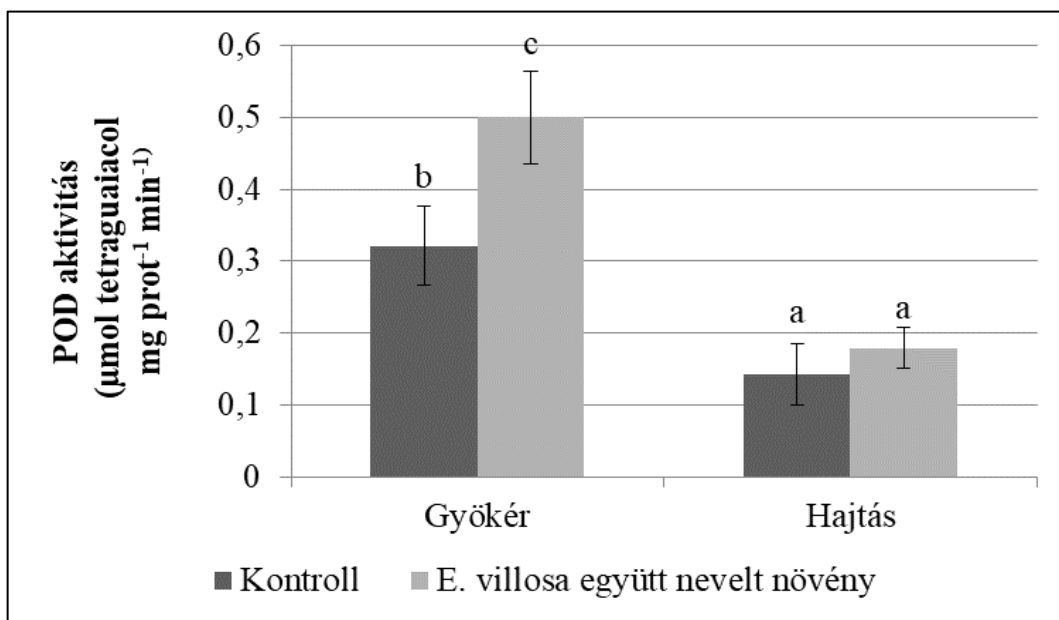
23. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica különféle részeinek APX-aktivitására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)



24. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica különféle részeinek SOD-aktivitására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

Az APX és a SOD enzimek aktivitása mellett vizsgáltuk a peroxidáz (POD) aktivitását is. A mérések során azt tapasztaltuk, hogy az ázsiai gyapjúfűvel együtt nevelt

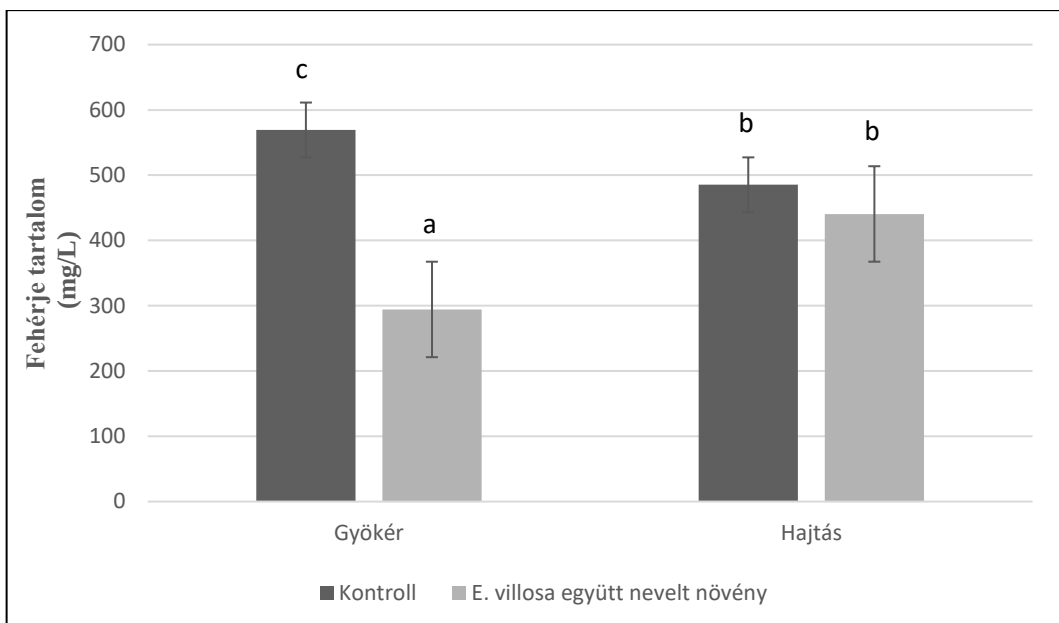
kukorica növények POD aktivitása megemelkedett (hajtásban és a gyökérben egyaránt) a kontroll növényekhez képest. Viszont az APX és SOD esetében tapasztalt hatással ellentétben a POD aktivitás emelkedése a gyökerekben volt intenzívebb. A kontroll esetében is a POD enzim aktivitása a gyökerekben statisztikailag igazolhatóan is magasabb volt (25. ábra).



25. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica különféle részeinek POD-aktivitására. A különböző kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik ($p < 0,05$)

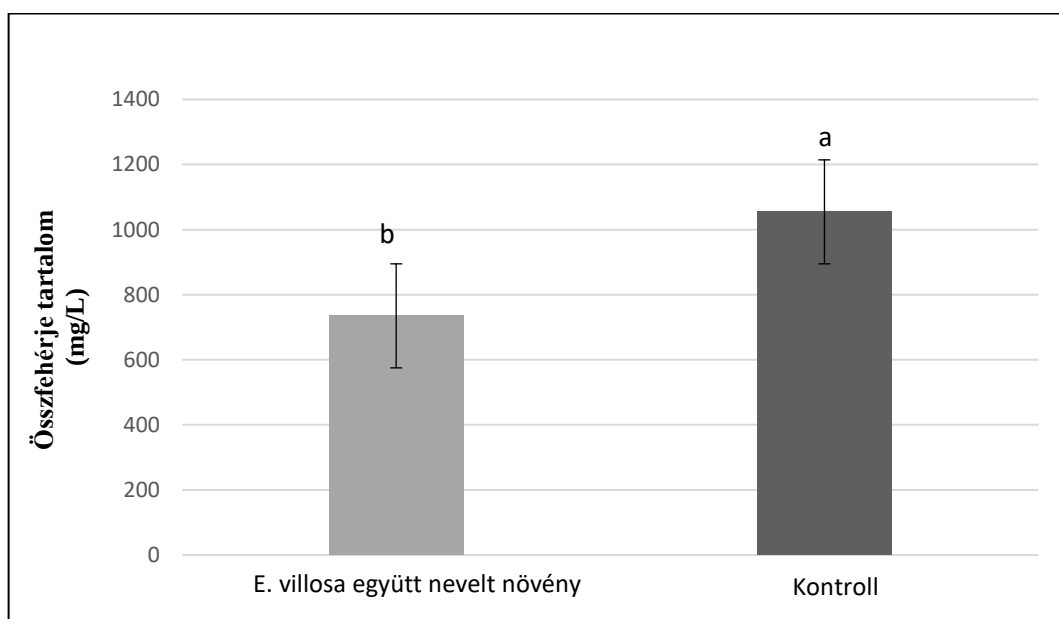
Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica fehérjetartalmára

A vizsgálataink során megnéztük az ázsiai gyapjúfűvel együtt nevelt és a kontroll kukorica növények fehérjetartalmát. A kapott eredmények rámutattak arra, hogy a gyomnövényrel együtt nevelt kukorica növény fehérjetartalma csökkent a kísérlet során. Ez a csökkenés a gyökerekben volt erőteljesebb. A hajtás fehérjetartalma viszont nem tért el statisztikailag. A kontroll növény esetében a fehérjetartalom a gyökérben magasabb volt, mint a hajtásban (26. ábra).



26. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica fehérjetartalmára
(mérés a 21. napon)

A fehérjetartalom vizsgálata során megnéztük az összfehérje mennyiségét is. A kapott eredmények hasonló hatást mutattak ki a kukorica növényben, mint a hajtás és gyökér fehérje vizsgálata során. Az összfehérje tartalom a gyomnövényel együtt nevelt kukorica növény esetében csökkent. Ez a csökkenés statisztikailag is kimutatható volt (27. ábra).



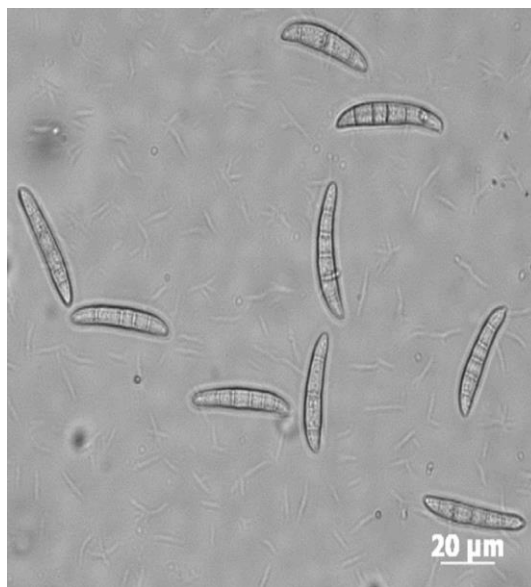
27. ábra: Az ázsiai gyapjúfű hatása az Armagnac kukorica összfehérje tartalmára
(mérés a 21. napon)

4.3. Az ázsiai gyapjúfű elleni biológiai védekezés lehetősége

A letisztított gombatenyészet burgonya dextróz agaron (PDA) képezett telepeinek morfológiája és a konídiumos sztróma makrokonídiumainak a morfológiai sajátosságai egyértelműen a *Fusarium culmorum* (Wm.G. Sm.) Sacc.gombafajra utaltak. A *Fusarium culmorum* egy gyorsan fejlődő gomba (5. napra a teljes Petri-csészét benőtte) és bőségesen termel sporodochiumot is. A telepek színe először narancssárga, majd sötétbarnától a vöröses színig változhat. A vizsgált törzs vörös pigmenteket és sűrű, fehér légmicéliumot képzett.

A makrokonídium:

A mikroszkópos vizsgálat során az ivartalan spórák viszonylag rövidek és vaskosok voltak (más fuzárium fajhoz képest), a sejtfaluk pedig vastagnak mutatkozott. A makrokonídiumok a közepükön voltak a legszélesebb, a hátoldal ívelt, de ventrálisán majdnem egyenes. A spóráknak a lábsejtjei lekerekítettek és tompák. A szeptumok száma 3, 4 vagy 5 volt (28. ábra).



28. ábra: A *Fusarium culmorum* rövid és vaskos ivartalan spórái (makrokonídiumok)
(Tóth - Szilágyi, 2016)

Mikrokonídiumokat nem figyeltünk meg. Fontos kiemelni, hogy a minták begyűjtését az ázsiai gyapjúfű vegetációs periódusa után végeztük, és a növényeken a gyökéren megjelenő fehér micéliumon kívül semmilyen egyéb betegségtünetet nem volt tapasztalható, ami valószínűsíthetően azt jelenti, hogy a *Fusarium culmorum* gomba, mint szaprotróf kórokozó van jelen a növény rizoszférájában.

5 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az ázsiai gyapjúfűvet több szempontból is vizsgáltuk, amelyek közül a mezőgazdasági szempontból az egyik legjelentősebb a növények között kialakult kompetíciós hatások vizsgálata. Azon belül is az allelopátia kutatás, valamint az invazív gyomnövény terjedésének az előrejelzése, illetve a monitorozása.

A meghatározott irányvonalak ismeretében a dolgozatomban közölt vizsgálatoknak a fő téma területei:

- Az ázsiai gyapjúfű terjedésének a dinamikája és a monitoringja a Hajdúság kistájegység területén,
- Az ázsiai gyapjúfű allelopátiás hatásának a vizsgálata, a növény különböző részeiből készült kivonatok esetében,
- Az ázsiai gyapjúfű allelopátiás hatásának a vizsgálata különböző koncentrációjú kivonatok esetében,
- Az ázsiai gyapjúfű allelopátiás hatásai a teszt növények (napraforgó, saláta, fehér mustár, kukorica) csirázására, növekedésére,
- Az ázsiai gyapjúfű hajtás- és gyökérkivonatainak juglon-index meghatározása,
- Az ázsiai gyapjúfű jelenlétének hatása a hibridkukorica (Armagnac) morfológiai és biokémiai válaszreakcióira (relatív klorofill tartalom, fotoszintetikus pigment, gyökér paraméter vizsgálat, növekedés és száraztömeg vizsgálat, MDA tartalom, APX-, SOD-, POD aktivitás, fehérje tartalom)
- Esetleges biológiai védekezési lehetőség az ázsiai gyapjúfű ellen.

Az ázsiai gyapjúfű terjedését megvizsgálva azt az eredményt kaptuk, hogy néhány év eltelte után (2011-ben Debrecen-Szepes határában először észlelt előfordulástól) körülbelül 20 kilométer távolságban is már megjelent. Tehát 5-6 év leforgása alatt a növény ilyen mértékű terjedésre volt képes. Vizsgáltuk a növény terjedését is, miszerint miképpen tudott ilyen nagy távolságra eljutni ennyi időn belül?

A vizsgálataink során megfigyeltük, hogy a maggal történő terjedési dinamikája nem jelentős, az állatok is részt vehetnek a terjesztésében, de nekik sem számottevő a szerepük. A terjedéséhez leginkább a gazdálkodónak van köze. Itt a mezőgazdaságban használt gépek által terjesztett magoknak van nagyobb jelentősége. Ezek közül is a betakarító gépek (kombájn) potenciális terjesztő szerepét kell kiemelni. Vizsgálatunk kimutatta, hogy a fertőzött területeken a kombájn által szétfűjt növényi törmelékben jelentős mennyiségű ázsiai gyapjúfű mag volt megtalálható.

MAGYAR (2021) szerint a mezőgazdaságban használt gépek közül a betakarítógépek azok, amelyek a legnagyobb távolságra tudják a magokat eljuttatni. A növénytermesztésben a gyomok terjesztésében már régóta ismert az önjáró aratógépek szerepe, melynek fontosságára már közel egy évszázada felfigyeltek Németországban. A megfigyelések során mi is azt tapasztaltuk, hogy jelentős szerep jut az ázsiai gyapjúfű terjesztésében a betakarítógépeknek, ahol a növény kezdetben a tábla széleken, forgókban, szegélyekben jelent meg, majd onnan terjedt tovább a tábla belső részeire. Ha ezt időben felismerjük, akkor különböző védekezési technikákkal tudunk az ázsiai gyapjúfű terjedése ellen védekezni. Mindamellet ezeknek a gépeknek a megfelelő tisztántartása segíthet korlátozni a gyommagok gyors terjedését. Az integrált gyomszabályozásnak az alapja a prevenció, azaz megelőzni a magok új területre történő eljutását. A magok terjedését tudjuk korlátozni azzal is, hogy a fertőzött területeket a betakarítás végére hagyjuk és ezt követően alaposan kitakarítjuk a gépet. A technológiai fejlesztések már biztosítanak lehetőséget a kombájnba bekerült gyommagok összegyűjtésére vagy eliminálására (pl. HarringtonTM magaprító gép), amivel jelentős mértékben tudjuk a magterjedést korlátozni, habár ezek használata Magyarországon még korlátozott.

Az ázsiai gyapjúfű versengése során használja az allelopátia képességet. Ez egy új eredmény, mivel senki nem végzett hasonló vizsgálatokat ezzel a növényvel korábban.

Vélhetően az ázsiai gyapjúfű gyors terjedésével és a területek gyors meghódításával is összefüggésben van ez a képessége.

Az allelopátia hatását négy fő részben vizsgáltuk:

1. Az ázsiai gyapjúfű allelopatikus hatásának a vizsgálata, a növény különböző részeiből készített kivonatok esetében:

A vizsgálatban két különböző koncentrációban (4 és 8%) vizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű különböző részeinek a tesztnövények (napraforgó, saláta, kukorica) csírázására gyakorolt hatását.

A **napraforgó** esetében azt az eredményt kaptuk, hogy a hajtásból és a gyökérből készült kivonatok okozták a legerősebb gátló hatást a kaszatok csírázására. A koncentráció emelése a hatást erősítette, ami az eredményekben minimális mértékű változást hozott. Ugyanúgy a hajtás- és a gyökérkivonatnak volt statisztikailag is kimutatható eredménye, de a hajtáskivonat okozta gátlás erősebb volt, ami szignifikánsan el is tért. A virágzat és a mag esetében a kontrollhoz viszonyítva nem volt kimutatható szignifikáns eltérés, a 4- és 8%-os koncentrációk esetében sem.

A vizsgálatokat elvégeztük a **kerti saláta** magok csírázására vonatkozóan is. Azt az eredményt kaptuk, hogy a növény bármely részéből készített vizes kivonat csírázásra gyakorolt hatása szignifikánsan eltért a kontroll mintákhoz képest. Az alacsonyabb és a magasabb koncentráció esetében is ugyanaz az eredmény. Az is megfigyelhető volt, hogy a hajtásból és a gyökérből készült kivonatok hatása, a virágzat- és mag kivonathoz képest statisztikailag különbözött.

Az ázsiai gyapjúfű vizes kivonatainak a **kukorica** vetőmag csírázására gyakorolt gátló hatása már nem voltak olyan mértékben látványos. Annak ellenére, hogy volt a kezelések között eltérés, de az statisztikailag nem volt igazolható. A koncentráció növekedése sem hozott ebben változást.

Az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készített vizes oldatok befolyásolták a vizsgált tesztnövények csírázását, azok közül is látványos hatást tudtunk elérni a kerti saláta esetében, ami érthető is mivel egy érzékeny kultúrnövényről van szó. A napraforgó esetében ez a hatás már gyengült, de a különbség statisztikailag továbbra is kimutatható volt. A kukorica magok nagy mérete, illetve valószínűleg a rokonsági közelség miatt a hatás már minimálisra csökkent. A kapott eredmények rámutatnak arra is, hogy az ázsiai gyapjúfű eltérő részeiből készített kivonatok között van különbség a gátlásban. A

leggyengébb hatást a virágzat és magból készült vizes kivonat eredményezte, a legerősebb gátlást a növény gyökeréből és hajtásából készült vizes kivonattal érték el. A napraforgó esetében volt statisztikailag igazolható eltérés a hajtás és gyökér kivonatok között, az emelt koncentráció esetében, ahol a hajtásból készült vizes oldat hatása erőteljesebb volt. A többi vizsgálatban nem tapasztaltunk statisztikailag kimutatható különbséget a hajtás- és a gyökér vizes oldatai között.

2. Az ázsiai gyapjúfű allelopatikus hatásának a vizsgálata különböző koncentráció kivonatok esetében:

A vizsgálat során az ázsiai gyapjúfű gyökeréből és hajtásából készített vizes oldatot használtuk fel, amiből 1, 5 és 10%-os töménységű oldatot készítettünk és a **fehérmustár** magok csírázására gyakorolt hatását vizsgáltuk.

Az ázsiai gyapjúfű gyökeréből készített 10 %-os vizes oldat gátló hatása szignifikánsan felülmúlta a kontroll és az 1%-os vizes oldat hatását. A kontroll minta és az 1%-os minta hatása szignifikánsan nem volt elkülöníthető. A gyökérből készült 5 %-os vizes kivonat statisztikailag nem tért el a többi kivonat hatásától és a kontrolltól sem.

Az ázsiai gyapjúfű hajtásából készített különböző koncentrációjú vizes oldatok esetében a 10 %-os oldatnak a hatása szignifikánsan felülmúlta a kontroll mintában mért eredményeket. Az alacsonyabb koncentrációjú 1 %-os és 5 %-os növényi kivonatok hatása statisztikailag nem különült el a kontroll és a 10 %-os kivonatoknak a hatásától.

Összességében elmondható, hogy a vizsgálatok során az ázsiai gyapjúfű hajtásából és gyökeréből készített kivonatok szignifikánsan eltérő hatása volt a fehérmustár tesztnövény csírázására. Az ázsiai gyapjúfű hajtásából készült vizes oldat gátló hatása erőteljesebb volt a gyökérből készített oldathoz viszonyítva. A vizsgálatból láthatjuk, hogy az oldat koncentráció emelésével a gátló hatás is fokozódik.

3. Az ázsiai gyapjúfű allelopatikus hatása a tesztnövény növekedésére:

A vizsgálatot az ázsiai gyapjúfű 5%-os koncentrációjú vizes oldatával végeztük el, ahol gyökér- és hajtáskivonatokat használtunk a vizsgálathoz, a tesztnövény a fehérmustár volt, amit a kezelést követő 4. napon értékeltünk.

Azt az eredményt kaptuk a **tesztnövény gyökérhossz növekedésére**, hogy a kezelt fehérmustár növények gyökérhossza jelentős mértékben visszamaradt a kontroll tesztnövény mintákhoz képest. A gátlás a hajtás és gyökérből készített kivonatok esetében is megfigyelhető, amely szignifikánsan eltér a kontroll mintákhoz képest. Az ázsiai gyapjúfű gyökér és hajtáskivonata is statisztikailag különbözik. A hajtásból készült vizes kivonat gátlása erőteljesebb a gyökérkivonathoz képest, ami szintén szignifikánsan eltérő.

A **fehérmustár hajtásnövekedését** megvizsgálva azt az eredményt kaptuk, hogy a kontroll mintákhoz képest az ázsiai gyapjúfű gyökér- és hajtáskivonata erőteljesen gátolta a tesztnövény hajtásfejlődését, amit statisztikailag is eltért egymástól. Az ázsiai gyapjúfű hajtás- és gyökérkivonata között viszont nem volt kimutatható szignifikáns különbség.

A **fehérmustár teljes növekedését** megvizsgálva azt az eredményt kaptuk, hogy a vizsgált növény gyökér-, és hajtáskivonata a kontroll mintához képest statisztikailag különbözött. Az is megfigyelhető volt, hogy a hajtáskivonatnak a növekedésgátlása jelentősebb volt a gyökérkivonathoz képest, ezek a hatások szignifikánsan el is tértek egymástól.

A korábbi vizsgálatok is kimutatták, hogy az ázsiai gyapjúfűnek van gátló hatása más növényekkel szemben. Az is megfigyelhető, hogy a növény különböző részeiből készített kivonat között is van a hatásban eltérés. A kísérletek rámutattak arra is, hogy nemcsak a csírázást gátolja a kivonat, hanem a tesztnövény későbbi fejlődésére is hatással van. Általánosságban elmondható, hogy az ázsiai gyapjúfű hajtáskivonata erőteljesebben gátolta a tesztnövényeknek a csírázását és a későbbi fejlődését.

4. Az ázsiai gyapjúfű juglon-index meghatározása:

A kutatás eredménye rámutat arra, hogy a vizsgált ázsiai gyapjúfű rendelkezik allelopatikus potenciállal. A juglon-index vizsgálata (az ázsiai gyapjúfű hajtás-, és gyökérkivonat esetében) során megfigyelhető, hogy a tesztnövény (fehér mustár) növekedését és fejlődését gátló hatása kiemelkedő. A mérések és a biometria elemzések során kapott eredmények is alátámasztják, hogy az ázsiai gyapjúfű kivonatának csírázás- és növekedésgátló hatása van a vizsgált tesztnövény fejlődésére. Itt is megfigyelhető a különbség a hatás mértékében a hajtás- és gyökérkivonatok tekintetében, miszerint a hajtáskivonatnak erőteljesebb a gátló hatása. A kapott juglon-index mindkét esetben meghaladta az 1,00 értéket, ami a juglon (1mM) oldathoz viszonyítva erőteljesebb vagy közel hasonló allelopatikus hatást mutat.

5. Az ázsiai gyapjúfű hatása a kukorica (Armagnac) morfológiai és biokémiai válaszreakciójára üvegházi körülmények között.

Közismert dolog, hogy a növényeket jelentős abiotikus és biotikus stresszfactorok érik, amellyekkel már több kutató is foglalkozott, viszont a biotikus stresszhelyzetekre adott válaszreakció még sok esetben tisztázásra váró feladat. A különböző, növényeket érő stresszhatások kivédésére nem-enzimatis és enzimatis komponensekből álló antioxidáns rendszerek állnak rendelkezésre a növények számára. Az enzimatis rendszer aktivitásának változása jól tükrözi a növények védelmi reakciójának a működését, ami a nemesítéssel karöltve elősegítheti a jövőben a sikeres, ezirányú védekezési technológia lehetőségét is.

A vizsgálat során az antioxidáns enzimeket (aszorbát-peroxidáz, guaiacol-peroxidáz, szuperoxid-dizmutáz), malondialdehid (MDA), valamint a fehérje mennyiséget vizsgáltuk a kukorica hajtásában és gyökereiben, a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét pedig a hajtásból mértük.

További méréseket is végeztünk, amelyek a következők:

- a növény magassága,
- a gyökér hossza,
- a gyökér térfogata,
- a gyökér és a hajtás száraz tömege,
- a hajtásszár átmérője.

A vizsgálataink során kapott eredmények rámutatnak arra, hogy az ázsiai gyapjúfű hatással volt a közösen nevelt kukorica tövekre, amely során statisztikailag igazolhatóan is csökkentette a kukoricanövénynek a magasságát, a gyökereknek a hosszúságát, a gyökértérfogatot, valamint a szárított gyökér tömegét is.

Az enzimaktivitás is nagyobb volt a kontroll kukorica mintákhoz képest, ahol a mért aszkorbát-peroxidáz (APX) és a szuperoxid-dizmutáz (SOD) is szignifikánsan magasabb volt, a guaiacol-peroxidáz (POD) esetében csak a gyökérben volt statisztikailag nagyobb az eltérés. Az ázsiai gyapjúfű hatására a relatív klorofill, klorofill-a, karotinoid és a gyökérfehérje mennyisége jelentősen csökkent. A kapott eredmények rámutatnak arra, hogy az invazív ázsiai gyapjúfű jelentős kompetíciós képességgel rendelkezik, ami nagyban segíti a gyors terjedését és a versengésben előnyhöz juttatja.

Esetleges biológiai védekezési lehetőség az ázsiai gyapjúfű ellen

Az invazív gyomnövények agresszív terjedése ellen csakis integráltan tudunk hatékonyan védekezni. Az integrált védekezésnek az egyik fontos lehetősége a biológiai védekezés. Ennek a részkutatásnak a célja az volt, hogy az ázsiai gyapjúfű rizoszférájában megtalálható gomba beazonosítását követően az esetleges védekezésben való felhasználása megalapozásra kerüljön.

Arra a következtetésre jutottunk, hogy az azonosított faj a *Fusarium culmorum*. Az identifikálás hagyományos módon a telep morfológiai tulajdonságai és az ivartalan spórák (makrokonídiumok) tulajdonságai alapján történt. Mivel a *F. culmorum* egy gyakori növényi kórokozó és számos kultúrnövényen különböző megbetegedést tud előidézni, ezért valószínűleg nem alkalmazható potenciális biológiai ágensként az ázsiai gyapjúfű ellen.

Tudomásunk szerint a *Fusarium culmorum*-nak ez az első magyarországi leírása az ázsiai gyapjúfűről. A gomba és a növény közötti patogenitás és/vagy endofita kapcsolata még mindig bizonytalan, ezért a patogenitási vizsgálatok és a növényekből történő izolálások folyamatban vannak.

6 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Terepi vizsgálatokat végeztünk Hajdúság kistájegység területén az ázsiai gyapjúfű szétterjedését illetően. A geostatisztikai értékeléshez a kistájegységre UTM hálózatot illesztettünk. 2016-óta 315 darab UTM négyzetet (2,5 x 2,5 km) vizsgáltunk át és detektáltunk a gyomfaj intenzív szétterjedését, a 2011. évi (első itteni) észlelését követően. Megállapítottuk, hogy az újonnan meglett állományai már több mint 20 km-re is megtalálhatók az eredeti lelőhelytől.
2. Az intenzív terjedés okának kiderítésére terjedésdinamikai megfigyeléseket végeztünk és etetési kísérleteket is beállítottunk. Ezek eredményei alapján valószínűsíthető, hogy a gyors terjedés oka elsősorban a művelő-, illetve betakarító eszközökkel történő, véletlenszerű széthurcolás. A terjesztésben a szélnek és az állati közvetítőkkel való szétterjedésnek alárendelt a jelentősége. Ez a tény viszont erőteljesen kihangsúlyozza a termelők informálásának, felvilágosításának szükségességét az érintett területeken.
3. Vizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű különböző részeiből készített, vizes alapú (4- és 8%-os) kivonatok allelopátiás hatását. Megállapítottuk, hogy a legerőteljesebb gátlás a hajtáskivonatok esetében jelentkezik. A hajtás- és gyökérkivonatok erőteljes gátló hatást gyakoroltak (mindkét koncentráció esetében) a napraforgó kaszatok csírázására. A kerti saláta esetében még a virágzati részekből készült kivonatok esetében is szignifikáns csírázásgátló hatás mutatkozott. A kukorica vetőmagok esetében ugyanakkor nem sikerült a vizsgált kivonatok (gyökér-, hajtás, virágzat) csírázásgátló hatását statisztikailag igazolhatóan kimutatni.
4. Az ázsiai gyapjúfű allelopátiás hatásának egzakt jellemzésére meghatároztuk az egyes kivonatok (5- és 10%-os) juglon-indexét. A tesztek során a tiszta juglon, 1mM-os oldatának hatását hasonlítottuk össze a gyökérből- és a hajtásból készült, vizes kivonatokkal, fehér mustár tesztnövényen. A 10%-os gyökérkivonat juglon-index értéke: 1,002, míg a 10%-os hajtáskivonat juglon-index eredménye: 1,078 lett. Mindkét esetben igazolható volt az említett kivonatok diólevélnél közel azonos, illetve erősebb allelopátiás hatása.

5. Az allelopátiás hatást jól mutatták a kukorica növényvel végrehajtott együttes nevelés eredményei is. A kukorica tesztnövényen végzett mérések igazolták, hogy a növénymagasság 22%-os csökkenése, illetve a teljes biomassa szárazanyag esetében 31%-os csökkenés mérhető a kelést követő 21. napon. A gyökérnövekedés vizsgálata során az összes mért paraméter (a gyökérátmérő kivételével) szignifikánsan kisebb volt, mint a kontroll esetében. Mindhárom vizsgálat szignifikáns eltérést mutatott a kontroll (gyommentes) növényekhez képest. Megállapítható, hogy az ázsai gyapjúfű fejlődést gátló hatása tehát már a kelést követően, azonnal jelentkezik.
6. Az együttes előfordulás jelentős biokémiai változásokat is eredményezett a tesztnövényben. A relatív klorofill tartalom csökkenése 18,2%-os értéket mutatott. A fotoszintetikus pigmenteket analizálva megállapítottuk, hogy ezt leginkább a klorofill-a (-15%) és a karotinoidok (-20%) szintjének szignifikáns mértékű csökkenése idézte elő. Kimutatható, hogy a fehérje mennyisége is szignifikánsan csökkent a fiatal kukorica növények gyökerében, az ázsiai gyapjúfű jelenléte esetén.
7. A kukorica tesztnövény további, biokémiai vizsgálatai során beigazolódott a lipidperoxidációt jellemző MDA (malondialdehid) szintjének szignifikáns emelkedése a gyomos kultúrnövény gyökerében (+23%) és hajtásában (+71%) is.
8. Az antioxidáns enzimek termelődését illetően megállapítottuk, hogy a APX (aszorbát-peroxidáz +28%) és a SOD (szuperoxid-dizmutáz +16%) esetében szignifikáns volt az emelkedés a gyomos kukorica hajtásaiban. Ugyanakkor a POD (guaiacol-peroxidáz) esetében a gyökérben volt mérhető a szignifikáns enzimszint emelkedés az ázsiai gyapjúfű jelenlétének hatására.
9. A gyomnövény terepi vizsgálatai során sikerült (Magyarországon elsőként) a *Fusarium culmorum* jelenlétét igazolnunk az ázsiai gyapjúfű gyökérszónájából. Valószínűsíthetően a kórokozó és a gazdanövény közötti endofiton kapcsolat, amelynek tisztázása még további vizsgálatokat igényel.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

- Terjedés potenciális lehetőségeinek tisztázása a vizsgált gyomfaj esetében megalapozhatják a termelők számára történő pontos ismeretátadást. Tapasztalataink szerint a termelők számára gyakorlatilag ismeretlen ez az új, potenciálisan igen veszélyes, inváziós gyomfaj. A további terjedésének megakadályozása és a hatékony visszaszorítása csak intenzív felvilágosító munkával a gyakorlat és a kutatás szoros együttműködésével alapozható meg.
- Allelopátia hasznosíthatósága a bioherbicid fejlesztésekben egyre inkább kulcskérdés. Az ázsiai gyapjúfű igazolhatóan is többféle allelokemikáliát is termel. Ezek egy része a talajba kerül és más növények gyökérzetével (magaival) kerül kapcsolatba, míg más részük valószínűsíthetően gáz halmazállapotban is kifejti gátló hatását. A legnagyobb gátló hatás a gyomnövény hajtásaiból, illetve gyökereiből készített kivonatokkal lehetett kimutatni. Mindkét esetben a dió levelénél közel azonos vagy erősebb mértékű gátló hatás volt igazolható a fehér mustár magvak csírázását vizsgálva.
- Megállapításra került a fiatal kukorica növények élettani válaszreakciója az ázsiai gyapjúfűvel való közeli szomszédság esetében. Az együttes nevelés eredményei jelentős eltéréseket mutattak a fotoszintetikus pigmentek és az egyes enzimek szintjében az adott kukorica hibridnél. Az ilyen jellegű vizsgálatok kellő támpontot adhatnak az egyes hibridek stressz- ellenállósági kutatásaihoz és megalapozhatják a korai stresszreakciók minimalizálására irányuló nemesítési kutatásokat, illetve az termesztésben lévő hibridek ilyen jellegű szelekcióját.

8 ÖSSZEFOGLALÁS

A világ több országában az ázsiai gyapjűfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth) már régóta nehezen megoldható problémák elé állítja a növénytermesztéssel foglalkozó szakembereket. Más országokban, mint pl. Magyarországon is az utóbbi néhány évben figyeltek fel a jelentőségére. Ezekben az országokban is egyre nagyobb területen okoz nehézségeket a gyomszabályozásban.

Az ázsiai gyapjűfűvet az első (2008-as) magyarországi észleléséhez képest néhány év elteltével az ország több részén is megtalálták már. Ahol megjelent ott néhány év után már erőteljesebb állományaival találkozhatunk, ami feltételezi azt, hogy a faj jól tud alkalmazodni a hazai klímátikus viszonyokhoz. Térhódításuk leggyakoribb a kapás kultúrákban, amelyek közül Magyarországon a kukorica, napraforgó a legjelentősebb. A világ más területein emellett még a szójában is jelentős károkat képes okozni. Kártétele (inváziós gyomként) jórészt a művelés alatt álló területeken jelentős, de nem szabad megfeledkezni a ruderaliákon és egyéb természetes társulásokban történő megjelenéséről sem.

Az ázsiai gyapjűfű széleskörű elterjedésének és egyre jelentősebb kártételének több oka is van. Ilyen a szántóföldi körülmények közötti jó versenyképessége, rendelkezik továbbá az interferencia speciális eszközével az allelopátiával. Képes akár 10 cm-es mélységből is kicsírázni, valamint a kelése is elhúzódó. A fiatal csíranövény gyorsan fejlődik és hamar átesik a gyökérváltáson, aminek köszönhetően a herbicidekkel szembeni nagyfokú toleranciája is megfigyelhető.

Saját vizsgálatainkban négy fő témakörrel foglalkoztam:

- Az ázsiai gyapjűfű terjedésének a dinamikája és ennek monitoringja a Hajdúság kistájegység területén.
- Az ázsiai gyapjűfű allelopátiájának vizsgálata (mind koncentrációk, mind a növényi részek vonatkozásában, valamin a juglon-indexek esetében).
- Az ázsiai gyapjűfű közelségének hatása a hibridkukorica morfológiai és biokémiai válaszreakcióira.
- Esetleges biológiai védekezési lehetőség azonosítása az ázsiai gyapjűfű ellen.

A Hajdúság kistájegység területén 2011-ban írták le először ezt a gyomnövényt. A Debrecen határában megtalált növény kezdetben lokális kiterjedéssel és kis foltokban volt megfigyelhető. A területek felvételezését 2016-ban kezdtük. A monitoring során kapott eredmények rámutattak arra, hogy Debrecen-Szepes határában először megtalált foltokhoz képest már jóval nagyobb távolságokra (kb. 20 km-rel arrébb) is sikerült újabb ázsiai gyapjúfű egyedeket találni. Ez azt jelenti, hogy néhány év leforgása alatt a gyomnövény képes volt újabb területeket meghódítani.

A terjedés lehetőségét is vizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű esetében. A kapott eredmények rámutatnak arra, hogy a mag természetes úton való terjedési dinamikája valószínűleg nem jelentős. Az állatok is részt vehetnek a terjesztésben (pl. rágcsálók stb.), de nekik sem számottevő a terjedésben betöltött szerepük. A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a balkáni gerle a növény magjait megette, viszont azokat megemésztette, így a terjedésben ez a mód nem jelentős. A magok nagyobb volumenű terjedésében a gazdálkodóknak van meghatározó szerepe. A különböző művelő eszközökkel, erőgépekkel és betakarító gépekkel (kombájn) a terjedés ütemét fel tudjuk gyorsítani. Ezek közül is a betakarító gépek szerepe a kiemelkedő, mivel a fertőzött területekről a kombájn belsejében megragadt mag új, még fertőzéstől mentes területeken szóródik szét. Ezt a terjedését tudjuk megelőzni, illetve csökkenteni a gépek megfelelő tisztán tartásával, esetlegesen a gyommagok külön gyűjtésével, megsemmisítésével.

Az allelopátia vizsgálata során megvizsgáltuk az ázsiai gyapjúfű egyes részeinek különböző koncentrációkban elkészített kivonatainak a gátló hatását, meghatároztuk ezek juglon-indexeit, valamint az Armagnac hibrid kukoricán előidézett morfológiai és enzimológiai hatásokat. A gyomnövény különböző részeiből készített kivonatoknak a gátló hatásában volt különbség. A legerősebb gátló hatást a gyökérből- és a hajtásból készített kivonatok esetében tudtuk kimutatni, de az eltérő tesztnövények válaszreakciója között is jelentős eltérés volt. Az érzékenyebb tesztnövényen (pl. saláta) erőteljesebb hatás volt megfigyelhető (még az alacsonyabb koncentrációjú vizes kivonat esetében is). A kevésbé érzékeny tesztnövényenél (pl. takarmánykukorica) már statisztikailag nem volt igazolható az ázsiai gyapjúfű gátló hatása, még a magasabb koncentráció esetében sem.

Az eltérő töménységű vizes kivonatok esetében is volt különbség. Általánosságban azt lehet elmondani, hogy a koncentráció növekedése fokozta a tesztnövények csírázás gátló hatását, ami statisztikailag is kimutatható volt. A 10%-os kivonatokkal már jelentős gátlást lehetett elérni.

A juglon-index kifejezés Dr. Szabó László nevéhez fűződik. A munkásságát Dr. Csiszár Ágnes folytatta. Ők több őshonos hazai és invazív lágyszárú és fásszárú növénynek határozták meg a juglon-indexét. A vizsgálataimmal ezt az adatbázist bővítettem azáltal, hogy az ázsiai gyapjűfű hajtás- és gyökérkivonatának a juglon-indexét tudtam meghatározni. A kapott index értéke mindkét esetben meghaladta az 1.00 értéket, ami a juglon (1 mM) oldatához képest közel azonos, illetve erőteljesebb hatást mutatott.

Az Armagnac kukoricával együtt nevelt ázsiai gyapjűfű hatással volt a vizsgált növények fejlődésére, amely során szignifikánsan csökkentette a növények magasságát, a gyökerek hosszúságát, a gyökértérfogatot és a száraz gyökértömeget. Az enzimaktivásban is volt statisztikailag igazolható különbség a kontroll növényekhez képest, amikor is az aszkorbát-peroxidáz (APX), szuperoxid-dizmutáz (SOD) és a gyökér guaiacol-peroxidáz (POD) esetében volt nagyobb ez az eltérés. Az ázsiai gyapjűfű hatására a relatív klorofill, klorofill-a, karotinoid és a gyökérfehérje mennyisége szignifikánsan csökkent. Az eredményeim is igazolták, hogy ez a gyomnövény jelentős kompetíciós képességgel rendelkezik, ami előnyhöz juttatja a versengés közben.

Az ázsiai gyapjűfű elleni lehetséges biológiai alapú védekezést is vizsgáltuk. A begyűjtött növényi részekről sikerült izolálnunk a *Fusarium culmorum* kórokozót. Mivel ez a faj egy gyakori növénykórokozó, ezért valószínűsíthetően nem lesz alkalmazható potenciális biológiai ágensként az ázsiai gyapjűfű ellen.

9 SUMMARY

In several countries of the world, the Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa* (Thunb. Kunth) has long been a problem that is difficult to solve and presents difficulties to specialists dealing with plant cultivation.

In other countries, like in Hungary, attention has been paid to its importance in the last few years. In these countries, and in an increasingly large area, the weed is causing difficulties in weed control.

A few years after its first detection in Hungary (in 2008), Woolly cupgrass has already been found in several parts of the country. Where it appeared, after a few years, we can already meet with a stronger population, which assumes that the species can adapt well to the domestic climatic conditions. Their colonization is most common in crops, of which corn and sunflower are the most significant in Hungary. In other areas of the world, it can also cause significant damage to soy beans. Its damage (as an invasive weed) is significant in cultivated areas, but its appearance in ruderalia and other natural associations should not be forgotten either.

There are several reasons for the widespread and increasingly significant damage caused by Woolly cupgrass. Such as its good competitiveness in field conditions, it also has the special tool of interference, allelopathy. They are able to germinate from a depth of up to 10 cm, and the emergence is also prolonged a high degree of tolerance to herbicides can also be observed.

In my own investigations, I dealt with four main topics:

- The dynamics of the spread of Woolly cupgrass and its monitoring in the area of the Hajdúság sub-region.
- Investigation of the allelopathy of the Woolly cupgrass (both in terms of concentrations and plant parts, as well as in the case of juglone-index).
- The influence of the proximity of Woolly cupgrass on the morphological and biochemical responses of hybrid maize.
- Identification of potential biological control options against Woolly cupgrass.

This weed species was first detected in 2011 in the Hajdúság sub-region. The plant found on the border of Debrecen was initially observed locally and only in small patches. I started recording the areas in 2016. Our results obtained during the monitoring showed

that, compared to the spotted individual plants found for the first time in the border of Debrecen-Szepes, we managed to find new Woolly cupgrass individual plants even at much greater distances (they also appeared about 20 km away). This means that over the course of a few years, the weed was able to conquer new areas.

I also investigated the possibility of spread in the case of Woolly cupgrass. The obtained results point out that the dynamics of natural spread of the seed is probably not significant. Animals can also participate in the spread (e.g. rodents etc.), but their role in the spread is not significant either. During the tests, it was proven that the Balkan pigeon (*Streptopelia decaocto*) ate the seeds of the plant, but digested them, so this way of spreading has no significant potential. Farmers play a decisive role in the large-scale spread of seeds. We can speed up the rate of spread with different cultivation tools, power machines and harvesting instruments (combine). Among these, the role of harvesting machines is the most prominent, as the seed stuck inside the harvester from the infected areas is scattered in new areas that are still free of infection. We can prevent or reduce this way of spreading by keeping the machines properly clean, by separately collecting, destroying or eliminating the weed seeds.

During the investigation of allelopathy, I examined the inhibitory effect of different plant parts of the Woolly cupgrass and the extracts prepared in different concentrations, determined their juglone-indexes, as well as the morphological and enzymological effects caused on the Armagnac hybrid corn. There was a difference in the inhibitory effect between the extracts prepared from different parts of the weed plant. I was able to show the strongest inhibitory effect in the case of the extracts made from the root and the shoot, but there was also a significant difference between the response of the different test plants. The effect was stronger on the more sensitive test plant (e.g. lettuce) (even in the case of the water extract with a lower concentration), while on the less sensitive test plant (e.g. hybrid corn) the inhibitory effect of Woolly cupgrass could no longer be statistically verified, even in the case of higher concentration.

There was also a difference in the case of water extracts with different concentrations. In general, it can be said that the increase in concentration increased the effect of inhibiting the germination of the test plants, which was also statistically detectable. Significant inhibition could already be achieved with the 10% extracts.

The term juglone-index is attributed to László Szabó. Ágnes Csiszár continued his work. They determined the juglone-indexes of several indigenous domestic and invasive herbaceous and woody plants. With my investigations, I expanded this database by being

able to determine the juglone-index of the shoot and root extract of Woolly cupgrass. The value of the obtained index exceeded 1.00 in both cases, which showed a stronger effect compared to the solution of juglone (1 mM).

Woolly cupgrass grown together with Armagnac corn had an effect on the development of the tested plants, during which it significantly reduced plant height, root length, root volume and root dry weight. There was also a statistically verifiable difference in the enzyme activity compared to the control plants, when this difference was greater in the case of ascorbate peroxidase (APX), superoxide dismutase (SOD) and root guaiacol peroxidase (POD). The amount of relative chlorophyll, chlorophyll-a, carotenoid and root protein significantly decreased due to presence of Woolly cupgrass. My results also confirmed that this weed has significant competitive ability, which gives it an advantage during the competition.

I also investigated possible biologically based control against Woolly cupgrass. We managed to isolate the pathogen *Fusarium culmorum* from the collected plant parts. As this species is a common plant pathogen, it is unlikely to be used as a potential biological agent against Woolly cupgrass.

10 IRODALOM

1. *Albrecht H.*: 2005. Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Research*, 45: pp. 339-350. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2005.00472.x>
2. *Allison K. – Darbyshire S.*: 2001. Identification of *Eriochloa villosa*. *Seed Technology* 23 (2): pp. 169–172.
3. *Amakura Y. - Okada M. - Tsuji S. - Tonogai Y.*: 2000. Determination of phenolic acids in fruit juices by isocratic column liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* 891.: pp. 183-188.
4. *An M. - Pratley J. - Haig T.*: 1998. Allelopathy: From concept to reality. In *Proceedings of the 9th Australian agronomy conference* (pp. 563–566). Wagga, Australia: Australian Agronomy Society.
5. *Ardelean A. - Karacsonyi K. - Negrean G.*: 2009. *Eriochloa villosa* - A new alien Gramineae species for Arad County (Romania). *Studia Universitatis “Vasile Goldiș”*, Seria Științele Vieții 19(2): pp. 281-282. [available online at: <http://www.studiauniversitatis.ro/pdf/19-2-2009/SU2-09Ardelean.pdf>]
6. *Ashrafi Y.Z. - Sadeghi S. - Mashhadi R.H. - Hassan A.M.*: 2008. Allelopathic Effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on Germination and Growth of Wild Barley (*Hordeum spontaneum*). *Journal of Agricultural Technology* 4(1): pp. 219-229.
7. *Award M. A. - Jager A. - van der Plas L. H. W. - van der Krol A. R.*: 2001. Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of Elstar and Jonagold apples during development and ripening. *Scientia Horticulturae* 90.: pp. 69-83.
8. *Bailey L. G. - Bailey E. Z.*: 1976. *Hortus Third: A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada*. McMillan Publishing Co., New York, NY.
9. *Balke N. E.*: 1985. Effects of Allelochemicals on Mineral Uptake and Associated Physiological Processes. *The Chemistry of Allelopathy Chapter 11*: pp. 161-178.
10. *Beyer W. F. - Fridovich I.*: 1987. Assaying for superoxide dismutase activity: Some large consequences of minor changes in conditions. *Anal. Biochem.* 161: pp. 559–566.

11. Bello I. A. - Hatterman-Valenti H. - Owen, M. D. K.: 1998. Effects of stratification, temperature, and oxygen on woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) seed dormancy. Weed Sci. 46: pp. 526–529.
12. Bello I. A. - Hatterman-Valenti H. - Owen, M. D. K.: 2000. Factors affecting germination and seed production of *Eriochloa villosa*. Weed Sci. 48: pp. 749–754.
13. Béres I.: 1983. A parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) allelopatikus hatásának vizsgálata. Növényvédelem, 19: pp. 265-266.
14. Béres I.: 2000. Allelopátia. – In: Hunyadi K. – Béres I. – Kazinczi G. (szerk.): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest: pp. 307-320.
15. Béres I. - Kazinczi G. - Lukács D.: 2001. Néhány fontosabb hazai gyomfaj allelopátiája. 6. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum 2001. Debrecen, Előadások, szerk.: Kövics Gy., Debrecen, 2001. DE ATC: pp. 353-361.
16. Birkás M. - Szalai T. - Nyárai H. F. - Fenyves T. - Percze A.: 1997. Kukorica direktvetéses tartamkísérletek eredményei barna erdőtalajon. Növénytermelés. 46. (4): pp. 419-428.
17. Blum U.: 1998. Effects of microbial utilization of phenolic acid and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions. J. Chem. Ecol. 24.: 685-707.
18. Botta-Dukát Z.: 2017. A magyarországi behurcolt és inváziós növényekre vonatkozó ismeretek összegyűjtésének tapasztalatai. – Magyar Tudomány 178: pp. 395–398.
19. Botta-Dukát Z. - Balogh L. - Dancza I.: 2004. Az inváziót elősegítő tulajdonságok és tulajdonságkombinációk a hazai neofitonok jegyzékének elemzése alapján. In: Mihály B. - Botta-Dukát Z. (szerk.): Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest: pp. 93-109.
20. Botta-Dukát, Z. - Balogh L. - Szigetvári Cs. - Bagi I. - Dancza I. – Udvardy L.: 2004. A növényi invázióhoz kapcsolódó fogalmak áttekintése, egyben javaslat a jövőben használandó fogalmakra és definícióikra. In: Mihály B. – Botta-Dukát Z. (szerk.): Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. – A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 9., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest: pp. 61–92.
http://www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/Özönfajokkal_kapcsolatos_kiadványok/ozonnovenyek.pdf

21. Botz L. - Kovács Zs. O. - Miklós Ené - Horváth Gy. - Szabó L. Gy.: 2001. Translocation of exogen phenoloids and alkaloid sin acceptor plant – histo- and phytochemical characteristics. *Acta Botanica Hungarica* 43.: pp. 79-93.
22. Bradford M.M.: 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72.: pp. 248–254.
23. Brunt A. A. - Crabtree K. - Dallwitz M. J. - Gibbs A. J. - Watson L. - Zurcher E. J.: 1996. Plant viruses online: Descriptions and lists from the VIDE database. Version: 20th August 1996. <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>
24. Brückner D.J.: 1998. A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) allelopátiás hatása a kultúrnövények csírázására. *Növénytermelés*, 47.: pp. 635-644.
25. Brückner D.J. - Lepossa A. - Herpai Z.: 2001. Parlagfű-allelopátia: közvetett kölcsönhatások. *Növénytermelés*, 50.: pp. 231-236.
26. Brückner D.J. - Szabó L.GY.: 2001. Az allelopátia modern értelmezése. *Kitaibelia*, VI.: pp. 93-106.
27. Buhler D. D. - Hartzler R. G.: 2001. Emergence and persistence of seed of velvetleaf, common waterhemp, woolly cupgrass, and giant foxtail. *Weed Science* 49.: pp. 230-235
28. Bunting J. A. - Spargue C. L. - Riechers D. E.: 2004. Absorption and activity of foramsulfuron in giant foxtail (*Setaria faberi*) and woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) with various adjuvants. *Weed Science*, 52.: pp. 513-517.
29. Canadian Food Agency: 2008. Woolly Cupgrass, *Eriochloa villosa*. <http://www.inspection.gc.ca/english/sci/surv/sit2006e.shtml#erivil>. (Letöltve: 2008. április 2.)
30. Canadian Food Inspection Agency: 2013. *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth – Woolly Cup Grass, Cyperales: Poaceae. [Online] Available: <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/invenv/pestrava/eriovil/tech/eriovile.shtml>
31. Casini P.: 2004. Allelopathic influences of common cocklebur (*Xanthium italicum* Moretti) on maize. *Allelopathy Journal* 11.: pp. 189-199.
32. Chytrý M. - Pyšek P. - Tichý L. - Knollová I. - Danihelka J.: 2005. Invasions by alien plants in the Czech Republic: a quantitative assessment across habitats. *Preslia*, 77.: pp. 339-354.

33. Ciocarlan V. - Sike M.: 2006. *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth (*Poaceae*) in the Romanian flora. *Journal of Plant Development* 13.: pp. 105-107. [available online at: <http://www.plant-journal.uaic.ro/docs/2006/14.pdf>]
34. Clayton W. D.: 1980. *Eriochloa* Kunth. In: Tutin, T. G., Heywood, V. H. - Burgess N. A. - Moore D. M. - Valentine D. H. - Walters S. M. - Webb D. A. (eds.). *Flora Europaea*, vol. 5. *Alismataceae to Orchidaceae (Monocotyledones)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.: p. 262.
35. Clayton W. D. - Harman K. T. - Williamson H.: 2008. *World Grass Species: Descriptions, Identification, and Information Retrieval*. Royal Botanic Gardens, Kew. <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>. (Letöltve: 2008. április 2.)
36. Clayton W. D. - Renvoize S. A.: 1986. *Genera Graminum, grasses of the world*. Royal Botanic Gardens, Kew, London, UK.: p. 389.
37. Colton C. E. - Einhellig F. A.: 1980. Allelopathic mechanisms of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic., *Malvaceae*) on soybean. *Am. J. Bot.* 67.: pp. 1407-1413.
38. Cornish K. - Zeevaart J. A. D.: 1985. Absciscic acid accumulation by roots of *Xanthium strumarium* L. and *Lycopersicon esculentum* Mill. in relation to water stress. *Plant Physiol.* 79.: pp. 653-658.
39. Crins W. J.: 1991. The genera of *Panicaceae* (Gramineae: Panicoideae) in the southeastern United States. *J. Arnold Arb. Harv. Univ. Suppl. Ser.* 1.: pp. 171–312.
40. Csecserits A. - Botta-Dukát Z. - Kröel-Dulay Gy. - Lhotsky B. - Ónodi G. - Rédei T. - Halassy M.: 2016. Tree plantations are hot-spots of plant invasion in a landscape with heterogeneous land use. – *Agr. Ecosyst. Environ.* 226.: pp. 88–89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.024>
41. Csiszár Á.: 2006. Kitekintés a világ és hazánk adventív fa- és cserjefajaira. *Erdészeti Lapok*, 141 (5): pp. 140-141.
42. Csiszár Á.: 2012. *Inváziós növényfajok Magyarországon*. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron: p. 364.
43. Csiszár Á. - Korda M.: 2015. *Practical Experiences in Invasive Alien Plant Control*. – Rosalia Handbooks 3. – Duna–Ipoly Nemzeti Park Directorate, Budapest: p. 241.
44. Csiszár Á. - Korda M. - Schmidt D. - Šporčić D. - Teleki B. - Tiborcz V. - Zagvyai G. - Bartha D.: 2012. Study on allelopathic potential of some invasive and potentially invasive neophytes. In: *Social Renewal Operation Programme TÁMOP*.

- 4.2.1.B-09/1/KONV-2010-0006, Proceedings of the International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint. Sopron, Hungary, 26-27 March 2012, University of West Hungary: pp.1-6.
45. Csiszár Á. - Korda M. - Schmidt D. - Šporčić D. - Teleki B. - Tiborcz V. - Zagyvai G. - Bartha D.: 2013. Allelopathic potential of some invasive plant species occurring in Hungary. *Allelopathy Journal*, 31 (2): pp. 309-318. [available online at:
<https://www.proquest.com/docview/1434101193/fulltextPDF/280C3A38618E4FC6PQ/1?accountid=15756>] Letöltve: 2022.01.14.
 46. Cummins G. B.: 1971. The rust fungi of cereals, grasses, and bamboos. Springer-Verlag, NY.
 47. Cutler H. G. - Cole R. J.: 1983. Carboxyatractyloside: A Compound from *Xanthium strumarium* and *Atractylis gummifera* with Plant Growth Inhibiting Properties. The Probable "Inhibitor A". *Journal of Natural Products* 46.: pp. 609-613.
 48. Czarnota M. A. - Paul R. N. - Dayan F. E. - Nimbal C. I. - Weston L. A.: 2001. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: A potent PSII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. *Weed Technology* 15.: pp. 813-825.
 49. Daglish C.: 1950. The determination and occurrence of hydrojuglone glucoside in the walnut. *Biochemical Journal* 47.: pp. 45–462.
 50. Dărbăban I.-N. - Arsene G.-G. - Turcuș V. - Petrescu M.-C. - Ardelean A.: 2012. Present-day condition of cormophytes diversity on alkali soils in Vârșand (Arad County, W-Romania). *Studia Universitatis "Vasile Goldiș", Seria Științele Vieții*, 22 (3): pp. 435-441
 51. Darbyshire S. J. - Wilson C. E. - Allison K.: 2003. The biology of invasive alien plants in Canada. 1. *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth. *Canadian Journal of Plant Science* 83 (4): pp. 987–999.
 52. Davidse G.: 1987. Fruit dispersal in the *Poaceae*. Page 143–155 in T. R. Söderstrom, K. W. Hilu, C. S. Campbell, and M. E. Barkworth, eds. *Grass systematics and evolution*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
 53. Ebel A. L. - Sheremetova S. A. - Buko T. E.: 2009. Floristic finds in the Tom basin (Western Siberia). *Bull. Moscow Soc. Natur. Biol. Ser.* 114, 3.: pp. 65–67. [In Russian] (Эбель А. Л., Шереметова С. А., Буко Т. Е. Флористические находки

- в бассейне Томи (Западная Сибирь) // Бюл. МОИП. Отд. биол., 2009. Т. 114, вып. 3. С. pp. 65–67).
54. *Einhelling F. A. - Stille Muth M. - Schon M. K.*: 1985. Effects of allelochemicals on plantwater relationships. In: The chemistry of allelopathy. Ed.: Thompson, A. C. American Chemical Society, Washington, D. C.: pp. 179-196.
 55. *Ercisli S. - Esitken A. - Turkkal C. - Orhan E.*: 2005. The allelopathic effects of juglone and walnut leaf extracts on yield, growth, chemical and PNE compositions of strawberry cv. Fern. Plant Soil Environ.51.: pp. 283–287.
 56. *Fărcășescu A. M. - Arsene G. G. - Neacșu A. G.*: 2008. *Eriochloa villosa* (Thunb.) Khunt – a new invasive weed in Romania. Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue, 21.: pp. 333–334.
 57. *Farkas J.-né*: 2004. Talajhasználati és talajművelési lehetőségek a gyomosodásban. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő, 1005.
 58. *Follak S. - Schwarz M. - Essl F.*: 2020. First record of *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth in Austria and notes on its distribution and agricultural impact in Central Europe. BioInvasions Records 9(1).: pp. 8–16,
<https://doi.org/10.3391/bir.2020.9.1.02>
 59. *Fraenkel G. S.*: 1959. The raison d’etre of secondary plant substances. Science 129.: pp. 1466-1470.
 60. *Giannopolities C. H. - Ries S. K.*: 1977. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plant. Plant Physiol. 59.: pp. 309–314. Available online: <https://shibbolethsp.jstor.org/start?entityID=https%3A%2F%2Fidp.unideb.hu%2Fsimplesaml%2Fsaml%2Fidp%2Fmetadata.php&dest=https://www.jstor.org/stable/4264724&site=jstor> (Letöltve: 2022.01. 27.).
 61. *Griffiths M.*: 1994. The New Royal Horticultural Society dictionary. Index of garden plants. Timber Press, Portland, OR. Lxi + 1234.
 62. *Grümmer G.*: 1955. Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen – Allelopathie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
 63. *Hall M. R. - Swanton C. J. - Anderson G. W.*: 1992. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). Weed Science 40.: pp. 441-447.
 64. *Hart S. E. - Wax L. M.*: 1997. Utilization of herbicide resistant crops for weed management in midwestern United States corn and soybean production. Proceedings of the 1997 Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Volume 3. British Crop Protection Council, Surrey, U.K.

65. Hartzler R. G.: 2001. Management of woolly cupgrass. [Online] Available: <http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2001/cupgrass.htm> [8 September 2003].
66. Hartzler R. - Buhler D. - Sandell L. - Pecinovski K.: 2000. Emergence characteristics of several annual weeds. Iowa State University Research and Demonstration Farms, 2000 Annual Progress Reports, Northeast Research and Demonstration Farm. [Online] Available: <http://www.ag.iastate.edu/farms/2000reports/ne/EmergenceCharacteristics.pdf> [8 September 2003].
67. Hartzler R.G. - Buhler D. D. - Stoltenberg D. E.: 1999. Emergence characteristics of four annual weed species. *Weed Science*, 47.: pp. 578-584.
68. Harvey R. G.: 1974. Susceptibility of seven annual grasses to herbicides. *Weed Res.* 14.: 51–55.
69. Hatterman-Valenti H. - Bello I. A. - Owen M. D. K.: 1996. Physiological basis of seed dormancy in woolly cupgrass (*Eriochloa villosa* [Thunb.] Kunth). *Weed Sci.* 44.: pp. 87–90.
70. Heath R. L. - Packer L.: 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 125.: pp. 189–198.
71. Hejda M. - Pysek P. - Jarosik V.: 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology*, 97.: pp. 393-403. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01480.x
72. Hejl A. M. - Einheliig F. A. - Rasmussen J.: 1993. Effects of juglone on growth, photosynthesis and respiration. *Journal of Chemical Ecology* 19.: pp. 559–568.
73. Hilgenfeld K. - Martin A. - Mortensen D. - Mason S.: 2004. Weed Management in Glyphosate Resistant Soybean: Weed Emergence Patterns in Relation to Glyphosate Treatment Timing. *Weed Technology*, 18(2): pp. 277-283. doi:10.1614/WT-03-042R1
74. Hinz J. R. R. - Owen M. D. K.: 1996. Nicosulfuron and primisulfuron selectivity in corn (*Zea mays*) and two annual grass weeds. *Weed Science*, 44.: pp. 219-223.
75. Hinz J. R. R. - Owen M. D. K. - Barrett M.: 1997. Nicosulfuron, primisulfuron, and bentazon hydroxylation by corn (*Zea mays*), woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*), and shattercane (*Sorghum bicolor*) cytochrome P-450. *Weed Science*, 45.: pp. 474-480.

76. *Hitchcock A. S.*: 1951. Manual of the grasses of the United States. 2nd., revised by Chase, A. US Dep. Agric. Misc. Publ. 200. Washington, DC., 1051.
77. *Hunyadi K. - Kazinczi G. - Lukács D.*: 1999. Adatok a kék búzavirág (*Centaurea cyanus* L.) biológiájához. II. Ásványi elem-felvétel, allelopátia és magprodukció. *Növényvédelem*, 35.: pp. 425-430.
78. *Inderjit M. K. - Foy C. L.*: 2001. On the significance of field studies in allelopathy. *Weed Technology* 15.: pp. 792-797.
79. *Jäger H. - Kowarik I. - Tye A.*: 2009. Destruction without extinction: long-term impacts of an invasive tree species on Galápagos highland vegetation. *Journal of Ecology*, 97.: pp. 1252-1263. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01578.x
80. *Jose S. - Gillespie A. R.*: 1998. Allelopathy in black walnut (*Juglans regia* L.) alley cropping: II. Effects of juglone on hydroponically grown corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and physiology. *Plant and Soil* 203.: pp. 199–205.
81. *Karácsonyi C.*: 2011. Flora și vegetația Dealurilor Tășnadului și a colinelor marginale. Arad: Edit. „Vasile Goldiș” University Press.
82. *Kartesz J. T.*: 1999. A synonymized checklist and atlas with biological attributes for the vascular flora of the United States, Canada, and Greenland. 1st ed. In: Kartesz, J. T. and Meacham, C. A. eds. Synthesis of the North American Flora, version 1.0. North Carolina Botanical Garden, Chapel Hill, NC [CD ROM]
83. *Kazinczi G. - Béres I. - Hunyadi K. - Mikulás J. - Pölös E.*: 1991. A selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medic.) allelopatikus hatásának és kompetitív képességének vizsgálata. *Növénytermelés*, 40.: pp. 321-331.
84. *Kazinczi G. - Mikulás J. - Hunyadi K. - Horváth J.*: 1997. Allelopathic effect of weeds on growth of wheat, sugarbeet and *Brassica napus*. *Allelopathy Journal* 4.: pp. 335-340.
85. *Kazinczi G. - Béres I. - Narwal S. S.*: 2001. Allelopathic Plants 3. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.). *Allelopathy Journal* 8. pp. 179-188.
86. *Kim T.K.*: 2015. T test as a parametric statistic. *Korean J. Anesthesiol.* 2015, 68.: pp. 540–546.
87. *Kocacaliskan I. - Terzi I.*: 2001. Allelopathic effects of walnut leaf extracts and juglone on seed germination and seedling growth. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76.: pp. 436–440.

88. Kovács L. – Mikulás J. – Pölös E.: 1988. Allelopathic activity of *Cirsium arvense* (L.) Scop. in Hungary. Acta Agron. Hung., 37.: pp. 65-69.
89. Kunth C. S.: 1815. Nova genera et species plantarum. Vol. 1. In: von Humboldt, F. H. A. and Bonpland, A. J. A. Sixième partie. Botanique. Librariae Graeco-Latino-Germanicae, Paris, lviii: p. 377.
90. Larivière T.: 2012. L'ériochloé velue envahit de nouvelles régions. La Terre de Chez Nous, September 27.: 2012.
91. Leslie J. F. - Summerell B. A.: 2006. The *Fusarium* laboratory Manual. Blackwell Professional. Ames. Iowa. USA.
92. Liu M.-C. - Owen M. D. K.: 2003. Effect of seed reserve utilization on woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) development. Weed Sci. 51.: pp. 78–82.
93. Lugo A. E.: 2004. The outcome of alien tree invasions in Puerto Rico. Frontiers in Ecology and the Environment, 2 (5): pp. 265-273. DOI: 10.1890/1540-9295(2004)002[0265:tooati]2.0.co;2
94. Mack R. N. - Simberloff D. - Lonsdale W. M. - Evans H. - Clout M. - Bazzaz F.: 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology epidemiology, global consequences and control. Ecological Applications, 10 (3): pp. 689-710. DOI: 10.2307/2641039
95. Magyar L.: 2020. A gyommagvak terjedése III. Biotikus terjesztési módok: az ember általi magterjesztés. Magyar Gyomkutatás és Technológia 21/1.: pp. 3-62.
96. Mandava N. B.: 1985. Chemistry and biology of allelopathic agents. In: The chemistry of allelopathy. Ed.: Thompson, A. C. American Chemical Society, Washington, D. C.: pp. 33-54.
97. Mascaro J. - Harris J. A. - Lach L. - Thompson A. - Perring M. P. - Richardson D. M. - Ellis R. C.: 2013. Origins of the novel ecosystem concept. In: Hobbs R.J. - Higgs E.S. - Hall, C.M. (eds): Novel ecosystems. Intervening in the new ecological world order. Wiley-Blackwell, Chichester: pp. 45-57. DOI: 10.1002/9781118354186.ch5
98. Meiss H. - Médiène S. - Waldhart R. - Caneill J. - Bretagnolle V. - Reboud X. - Munier-Jolain N.: 2010. Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: implications for integrated weed management. Agron. Sustain. Dev. 30.: pp. 657–666. <https://doi.org/10.1051/agro/2009043>
99. Mickelson J. A. - Boergoom C. M. - Harvey R. G.: 2000. *Eriochloa villosa* and Wild proso miller Management. Department of Agronomy, University of Wisconsin, Madison.

100. Mickelson J. A. - Harvey R. G.: 1999. Relating *Eriochloa villosa* emergence to interference in *Zea mays*. Weed Science, 47.: pp. 571-577.
101. Mickelson J. A. - Midthun-Hensen A. - Harvey R. G.: 2004. Fate and persistence of woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) seed banks. Weed Science, 52.: pp. 346-351.
102. Mihály B. - Botta-Dukát Z.: 2004. Biológiai inváziók Magyarországon, Özönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának Közleményei, TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.: pp. 35-110.
103. Mikhajlovich V. V. - Sukhorukov A. P. - Aleksandrovna K. M.: 2015. Contributions to the alien flora of the European Russia. Phytodiversity of Eastern Europe 4.: pp. 120–128.
104. Mikulás J.: 1976. *Sorghum halepense* (L.) Pers. elleni védekezési kísérletek. Magyar Vegyipari Egyesülés Budapest.: pp. 55-85.
105. Mikulás J.: 1979. A fenyércirok (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) biológiája és a védekezés lehetőségei. Kandidátusi értekezés, Kecskemét.: p. 150.
106. Mikulás J.: 1984. Allelopathy of *Sorghum halepense* (L.) Pers. on weeds and crops. Acta Agronomica Academica Scientiarum Hungaricae 33.: pp. 423-427.
107. Mishra N. P. - Mishra R. K. - Singhal G. S.: 1993. Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors. Plant Physiol. 102.: pp. 903–910.
108. Molisch H.: 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere – Allelopathie. G. Fischer, Jena.: p. 106.
109. Moran R. - Porath D.: 1980. Chlorophyll Determination in intact tissues using N,N-dimethylformamide. Plant Physiol. 65.: pp. 478–479.
110. Mosyakin S. L. - Fedoronchuk M. M.: 1999. Vascular plants of Ukraine (a nomenclatural checklist). National Academy of Ukraine, M. G. Kholodny Institute of Botany, Kiev.: p. 345.
111. Mushtaq W. - Ain Q. - Siddiqui M. B.: 2018. Screening of alleopathic activity of the leaves of *Nicotiana plumbaginifolia* Viv. on some selected crops in Aligarh, Uttar Pradesh, India. International Journal of Photochemistry and Photobiology, 2(1): pp. 1–4.
112. Nagy G. G. - Czirák Z. - Demeter A. - Dóka R. - Fadel N. - Jónás B. - Riskó A. - Schmidt A. - Sulyán P. - Váczi O. - Érdiné dr. Szekeres R.: 2020. Az európai uniós jegyzéken szereplő idegenhonos inváziós fajok terjedési útvonalainak

- magyarországi átfogó elemzése és értékelése, valamint a terjedési útvonalak cselekvési tervei. Agrárminisztérium, Természetmegőrzési Főosztály.: p. 109.
113. Narwal S. S.: 1994. Allelopathy in crop production. Scientfic Publishers, Jodhpur.: p. 285.
 114. Negrean G.: 2011. Addenda to „Flora Romaniae” Volumes 1-12. Newly published plants, nomenclature, taxonomy, chorology and commentaries (Part 1). Kanitzia, 18.: pp. 89–194.
 115. Negrean G.: 2012. Addenda to „Flora Romaniae” Volumes 1-12. Newly published plants, nomenclature, taxonomy, chorology and commentaries (Part 2). Kanitzia, 19.: pp. 195-233.
 116. Otves C. - Neacșu A. - Arsene G.-G.: 2014. Invasive and potentially invasive plant species in wetlands area of Banat. Research Journal of Agricultural Science 46(4): pp. 146-161.
 117. Owen M. D. K.: 1990. Wolly cupgrass biology and management. Proceedings of the Crop Production Conference of Iowa State University, 2.: pp. 61–72.
 118. Owen M. D. K. - Hartzler R. G. - Lux J.: 1993. Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) control in corn (*Zea mays*) with chloroacetamide herbicides. Weed Technol. 7.: pp. 925–929.
 119. Partosfalvi P. - Madarász J. - Dancza I.: 2008. Az ázsiai gyapjűfű (*Eriochloa villosa* /Thunb./ Kunth) megjelenése Magyarországon. Növényvédelem, 44.: pp. 297-304
 120. Paulič R. - Němec R.: 2014. Chlupatka srstnatá (*Eriochloa villosa*) nový druh flóry České republiky. Thayensia, Znojmo 11.: pp. 135–138.
 121. Perring M. P. - Ellis E. C.: 2013. The Extent of Novel Ecosystems: Long in Time and Broad in Space. In: Hobbs R.J. - Higgs E.S. - Hall C.M. (eds): Novel ecosystems. Intervening in the new ecological world order. Wiley-Blackwell, Chichester.: pp. 66-80. DOI: 10.1002/9781118354186.ch8
 122. Pinke Gy. - Blazsek K. - Nagy K. - Karácsony P. - Magyar L.: 2016. Néhány adventív gyomnövény előfordulása Magyarország szójavetéseiben. XI. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia.: pp. 213-214.
 123. Prataviera A. G. - Kuniyuki A. H. - Ryogo K.: 1983. Growth inhibitors in xylem exudates of Persian walnut (*Juglans regia* L.) and their possible role in graft failure. Journal of the American Society of Horticultural Science 108.: pp. 1043–1050.

124. *Priszter Sz.*: 1998. Növényneveink. Mezőgazda Kiadó, Budapest.: p. 547.
125. *Pukacka S. - Ratajczak E.*: 2005. Production and scavenging of reactive oxygen species in *Fagus sylvatica* seeds during storage at varied temperature and humidity. *Journal of plant physiology*. 162.: pp. 873-85.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.10.012>
126. *Rabaey T. L. - Harvey R. G.*: 1997. Annual grass control in corn (*Zea mays*) with primisulfuron combined with nicosulfuron. *Weed Technology* 11.: pp. 171-175.
127. *Rabaey T. L. - Harvey R. G. - Albright J. W.*: 1996. Herbicide timing and combination strategies for woolly cupgrass control in corn. *J. Prod. Agric.* 9.: pp. 381–384.
128. *Rice E. L.*: 1964. Inhibition of nitrogen-fixing and nitrifying bacteria by seed plants. *Ecology* 45.: pp. 824-837.
129. *Rice E. L.*: 1984. Allelopathy. Academic Press, Orlando.: p. 422.
130. *Rivière G. - Guillevic Y. - Hoarher J.*: 1992. Flore et végétation du Massif Armoricaïn. Supplément pour le Morbihan. *Erica* 2.: pp. 6-78.
131. *Ryves T. B. - Clement E. J. - Foster M. C.*: 1996. Alien grasses of the British Isles. BSBI, London: XX + p. 181.
132. *Sanderson E. W. - Jaiteh M. - Levy M. A. - Redford K. H. - Wannebo A. V. - Woolmer G.*: 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience*, 52 (10): pp. 891-904. DOI: 10.1641/0006-3568(2002)052[0891:thfatl]2.0.co;2
133. *Schuh J. F. - Harvey R. G.* 1989. Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) control in corn (*Zea mays*) with pendimethalin/triazine combinations and cultivation. *Weed Sci.* 37.: pp. 405–411.
134. *Schuh J. F. - Harvey R. G.*: 1991. Carbamothioate and chloroacetamide herbicides for woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) control in corn (*Zea mays*). *Weed Technol.* 5.: pp. 331–336.
135. *Segura-Aguilar J. - Hakman I. - Rydstrom J.*: 1992. The effect of 5-OH-1,4 naphthoquinone on Norway spruce seed during germination. *Plant Physiology* 100.: pp. 1955–1961.
136. *Shaw R. B. - Webster R. D.*: 1987. The genus *Eriochloa* (Poaceae: *Panicaceae*) in North and Central America. *Sida Contrib. Bot.* 12.: pp. 165–207.
137. *Shrestha A. - Knezevic S. Z. - Roy R. C. - Ball-Coelho B. R. - Swanton C. J.*: 2002. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research* 42.: pp. 76-78.

138. Simard M.-J. - Bégin G.: 2011. Rapport 2009-2010: évaluation en petites parcelles de l'effet de différentes régies de culture sur la production de graines de l'ériochloé velue (*Eriochloa villosa*). [Rapport d'étape]. Québec (QC): Centre de R&D sur les sols et les grandes cultures, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2011.: p. 8.
139. Simard M.-J. - Nurse R. E. - Darbyshire S. J.: 2015. Emergence pattern and seed production of a Canadian woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) population in legume forage. Canadian Journal of Plant Science 95.: pp. 539–548, <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-317>
140. Somogyi N. - Szabó L. - Dávid I.: 2011. Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* /Thunb./ Kunth) megjelenése Hajdú-Bihar megyében. AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK, 2011/43. KÜLÖNSZÁM: pp. 119-123.
141. Sprague C. L. - Hager A. G.: 2003. Weeds to watch for in 2003. University of Illinois Extension. [Online] Available: www.ag.uiuc.edu/cespubs/pest/articles [Letöltve: 2022.09.26.].
142. Staniforth D. W.: 1957. Effects of annual grass weeds on the yield of corn. Agronomy Journal 49.: pp. 551-555.
143. Strand O. E. - Miller G. R.: 1980. Weedwatch: Woolly cupgrass – A new weed threat in the midwest. Weeds Today, 11.: p. 16.
144. Stubbendieck J. - Friisoe G. Y. - Bolick M. R.: 1995. Weeds of Nebraska and the Great Plains. 2nd ed. Nebraska Department of Agriculture, Lincoln, NE.: p. 621.
145. Szabó L. GY.: 1984. Növényi metabolitok allelopátiás hatása. - In: CSABA GY. (szerk.): A biológia aktuális problémái. Medicina Kiadó, Budapest.
146. Szabó L. GY.: 1994. Fitokémiai analógiák ökológiai vonatkozásai. Gyógyszerészet 38.: pp. 567-571.
147. Szabó L. GY.: 1997. Allelopathy – Phytochemical potential – Life strategy. JPTE, Pécs.: p. 129.
148. Szabó L. GY.: 1999. Juglone index – a possibility for expressing allelopathic potential of plant taxa with various life strategies. Acta Botanica. Hungarica 42.: pp. 295–305.
149. Szatmari P.-M.: 2016. Monitoring invasive woolly cupgrass *Eriochloa villosa* in the Pir village area, Satu Mare County, Romania, and its impact on segetal flora. Acta Horti Botanici Bucurestiensis 43.: pp. 41–55.
150. Takács A. - Nagy T. - Molnár V.: 2014. Apró közlemények. Kitaibelia 19: 173–176.

151. *Tapia L. S. - Bauman T. T. - Harvey R. G. - Kells J. J. - Kapusta G. - Loux M. M. - Lueschen W. E. - Owen M. D. K. - Hageman L. H. - Strachan, S. D.*: 1997. Postemergence herbicide application timing effects on annual grass control and corn (*Zea mays*) grain yield. *Weed Science* 45.: pp. 138-143.
152. *Torma M. - Bereckiné K. E.*: (2004): A *Cirsium arvense* (L.) Scop. és a *Sorghum halepense* (L.) Pers. allelopátiás hatásának tanulmányozása. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 5/2.: pp. 35-41.
153. *Tóth T. - Szilágyi A.*: 2016. *Fusarium culmorum* isolated from rhizosphere of woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) in Debrecen (East Hungary). *AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK*, 2016/70.: pp. 93-96.
154. *Treber I. - Baličević R. - Ravlić M.*: 2015. Assessment of allelopathic effect of pale persicaria on two soybean cultivars. *Herbologia*, 15 (1): pp. 31-38.
155. *Tuesca D. - Puricelli E. - Papa J. C.*: 2001. A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Res.* 41.: pp. 369–382.
156. *Turk M. A. - Tawaha A. M.*: 2003. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). *Crop Protection* 22 (4): pp. 673-677.
157. *Tzvelev N. N.*: 1984. Grasses of the Soviet Union. Amerind Publishing, New Delhi, India [English translation published for the Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Washington, DC]: p. 1196.
158. *Tzvelev N. N.*: 1989. The system of grasses (*Poaceae*) and their evolution. *Bot. Rev.* 55.: pp. 141–204.
159. *Tzvelev N. N. - Probatova N. S.*: 2019. Zlaki Rossii [Cereals of the Russia]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd.: p. 646. [In Russian] (Цвелёв Н. Н., Пробатова Н. С. Злаки России. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2019. 646 с.).
160. *Ujvárosi M.*: 1973. Gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
161. *USDA-ARS.*: 2013. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. [Online] Available: http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl [Letöltve 2022.10.14.]
162. *Varga F.*: 2015. Síkvetületek alkalmazása a topokartográfiában. Szakdolgozat. ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, Bp.: pp. 12-15.
163. *Verloove F.*: 2019. *Eriochloa villosa*. In: Manual of the Alien Plants of Belgium. Botanic Garden Meise, Belgium. <http://alienplantsbelgium.be/content/erichloa-villosa> (accessed 29 July 2019)

164. Virok V. - Farkas T. - Krajnyák C.: 2020. Az *Eriochloa villosa* elterjedésének vizsgálata Borsod-Abaúj-Zemplén megye északi részén. *Kitaibelia* 25(1):. pp. 27–32. DOI: 10.17542/kit.25.27
165. Weidenhamer J. D.: 1996. Distinguishing resource competition and chemical interference: Overcoming the methodological impasse. *Agronomy J.*, 88 (6):. pp. 866-875.
166. Weintraub F. C.: 1953. Grasses introduced into the United States. *USDA Agric. Handb.* 58.: p. 79.
167. Weir T. L.: 2007. The role of allelopathy and mycorrhizal associations in biological invasions. *Allelopathy Journal*, 20 (1):. pp. 43-50.
168. Wellburn R. A.: 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvent with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.* 144.: pp. 307–313.
169. Whittaker R. H. - Feeney P. P.: 1971. Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science* 171.: pp. 757-770.
170. Wichmann M. C. - Alexander M. J. - Soons M. B. - Galsworthy S. - Dunne L. - Gould R. - Fairfax C. - Niggemann M. - Hails R. S. - Bullock J. M.: 2009. Human-mediated dispersal of seeds over long distances. *Proc Biol Sci.* 276 (1656):. pp. 523-532. doi:10.1098/rspb.2008.1131
171. Williamson M. H. - Fitter A.: 1996. The characters of successful invaders. *Biological Conservation*, 78 (1-2):. 163-170. DOI: 10.1016/0006-3207(96)00025-0
172. Williams M. M. - Rabaey T. L. - Boerboom C. M.: 2008. Residual weeds of processing sweet corn in the North Central region. *Weed Technology* 22(4):. pp. 646-653.
173. Wilson C. E.: 2002. Weed Risk Assessment. Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa* (Thinb.) Kunth). Canadian Food Inspection Agency. Plant Health Risk Assessment Unit. PHPD request: 2001-42.: p. 33.
174. Wu Z. Y. - Raven P. H. - Hong, D. Y.: 2006. *Flora of China*. Vol. 22 (*Poaceae*). Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis <http://flora.huh.harvard.edu/china/PDF/PDF22/Eriochloa.pdf>. (Letöltve: 2020. április 2.)
175. Yakob L.: 2013. Infectious disease and novel ecosystems. In: *Hobbs R. J. - Higgs E. S. - Hall C. M. (eds): Novel ecosystems. Intervening in the new ecological world*

- order. Wiley-Blackwell, Chichester.: pp. 114-123. DOI: 10.1002/9781118354186.ch12
176. Young B. G. - Hart S. E.: 1996. Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) control in sethoxydim-resistant corn. Proc. North Cent. Weed Sci. Soc. 51.: p. 70.
 177. Young B. G. - Hart S. E.: 1999. Woolly cupgrass management in sethoxydim-resistant corn. J. Prod. Agric. 12.: pp. 225–228.
 178. Zeevaart J. A. D.: 1980. Changes in the levels of abscisic acid and its metabolites in excised leaf blades of *Xanthium strumarium* during and after water stress. Plant Physiol. 66.: pp. 672-678.
 179. Zeng R. S. - Mallik A. U.: 2006. Selected Ectomycorrhizal Fungi of Black Spruce (*Picea mariana*) can Detoxify Phenolic Compounds of *Kalmia angustifolia*. Journal of Chemical Ecology, 32 (7): pp. 1473-1489. DOI: 10.1007/s10886-006-9063-6
 180. Zieslin N. - Ben-Zaken R.: 1991. Peroxidases, phenylalanine ammonia-lyase and lignification in peduncles of rose flowers. Plant Physiol. Biochem. 29.: pp. 147–151.
 181. Zyikova E. Yu.: 2019. Findings of adventive species in the Republic of Altai. Bull. Moscow Soc. Natur. Biol. Ser.124, 6.: pp. 66–68. [In Russian] (Зыкова Е. Ю. Находки адвентивных видов в Республике Алтай // Бюл. МОИП. Отд. биол., 2019. Т. 124, вып. 6. С. 66–68). URL: herba.msu.ru/russian/journals/bmsn/archive/moip_2019_124_6.pdf

Internetes hivatkozások:

I1: EPPO Földközi-tenger Melléki Növényvédelmi Szervezet (EPPO) vészjelzési (Alert) és megfigyelési (Observation) listái

https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list (Letöltés: 2022.01.27)

I2: EPPO Földközi-tenger Melléki Növényvédelmi Szervezet (EPPO) EPPO adatlapok: <https://gd.eppo.int/taxon/ERBVI/documents> (Letöltés: 2022.01.28)

I3: <https://www.kite.hu/vetomag-palanta-oltvany/kukorica/armagnac-hibrid-kukorica/23/123>

I4:

https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:HU_mesoregion_1.11._Hajd%C3%BAs%C3%A1g.png#/media/F%C3%A1jl:HU_mesoregion_1.11._Hajd%C3%BAs%C3%A1g.png

11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/15/2023.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szilágyi Arnold
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10057356

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

1. Nagy, A., **Szilágyi, A.**: A fenyércirok (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) lehetséges herbicidrezisztens biotípusainak levélfelületen becsült antociánosodás mértékének vizsgálata.
In: A hatékonyabb agráriumért : Tudományos Szakkollégiumi Kiadvány. Szerk.: Rácz Dalma, Debreceni Egyetem, Debrecen, 71-81, 2021.

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

2. Szőke, L., Radványi, C., **Szilágyi, A.**: Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth) kompetíciós hatása a kukorica morfológiai paramétereire és a fotoszintetikus pigmentek mennyiségére.
Magy. Gyomkut. Technol. 22 (2), 45-53, 2021. ISSN: 1586-894X.
3. **Szilágyi, A.**, Nagy, A., Radócz, L.: Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* [Thunb.] Kunth) juglon-index meghatározása és kivonatainak allelopátiás vizsgálata fehér mustáron (*Sinapis alba* L.).
Magy. Gyomkut. Technol. 20 (1), 27-35, 2019. ISSN: 1586-894X.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

4. **Szilágyi, A.**, Radócz, L., Tóth, T.: Allelopathic effect of invasive plants (*Eriochloa villosa*, *Asclepias syriaca*, *Fallopia X bohemica*, *Solidago gigantea*) on seed germination.
Agrártud. Közl. 74, 179-182, 2018. ISSN: 1587-1282.
5. Tóth, T., Kövics, G., **Szilágyi, A.**: Characterization of two rust fungi related to biological control concept in Hungary.
Agrártud. Közl. 74, 195-199, 2018. ISSN: 1587-1282.
6. Tóth, T., **Szilágyi, A.**, Kövics, G.: Preliminary estimation of the efficacy of *Fusarium sporotrichioides* Sherb. as biological control agent against common milkweed (*Asclepias syriaca* L.).
Agrártud. Közl. 74, 201-204, 2018. ISSN: 1587-1282.





7. Tóth, T., **Szilágyi, A.**: Fusarium culmorum isolated from rhizosphere of woolly cupgrass (Eriochloa villosa) in Debrecen (East Hungary).
Agrártud. Közl. 70, 93-96, 2016. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

8. Makleit, P., **Szilágyi, A.**, Veres, S.: First Report of Benzoxazinoid Compounds in Woolly Cupgrass (Eriochloa villosa Thunb. Kunth), an Invasive Plant.
Agronomy-Basel. 12 (3), 1-4, 2022. EISSN: 2073-4395.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12030700>
IF: 3.949 (2021)
9. **Szilágyi, A.**, Radócz, L., Takácsné Hájos, M., Juhász, C., Kovács, B., Kovács, G. E., Bódi, E., Radványi, C., Moloi, M. J., Szőke, L.: The Impacts of Woolly Cupgrass on the Antioxidative System and Growth of a Maize Hybrid.
Plants-Basel. 10 (5), 1-13, 2021. ISSN: 2223-7747.
DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10050982>
IF: 4.658

Magyar nyelvű konferencia közlemények (5)

10. **Szilágyi, A.**, Nagy, A., Radócz, L.: Ázsiai Gyapjúfű (Eriochloa villosa [Thunb.] Kunth) hajtás- és gyökérkivonatok allelopatikus hatásának vizsgálata fehér mustár (Sinapis alba L.) csírázási teszttel.
Georgicon Agric. 24 (1), 75-82, 2020. ISSN: 0239-1260.
11. **Szilágyi, A.**, Tóth, T., Radócz, L.: Az ázsiai gyapjúfű (Eriochloa villosa [Thunb.] Kunth) újabb előfordulásai a Hajdúság kistérség területén.
Georgicon Agric. 23 (1), 70-75, 2019. ISSN: 0239-1260.
12. **Szilágyi, A.**, Radócz, L.: Az ázsiai gyapjúfű (Eriochloa villosa [Thunb.] Kunth) növényi rész kivonatainak allelopatikus hatása kultúrnövények magvainak csírázására.
Agrártud. Közl. 72, 167-170, 2017. ISSN: 1587-1282.
13. **Szilágyi, A.**, Tóth, T., Radócz, L.: Az ázsiai gyapjúfű (Eriochloa villosa [Thunb.] Kunth) új előfordulása a Hajdúság kistérség területén.
Agrártud. Közl. 71, 51-54, 2016. ISSN: 1587-1282.
14. Tóth, T., **Szilágyi, A.**, Kövics, G.: Egy Phoma-szerű gombafaj tömeges megjelenése parlagfűvön (Ambrosia artemisiifolia) a Hajdúsági régióban.
Agrártud. Közl. 71, 55-60, 2016. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

15. **Szilágyi, A.**, Balogh, Z., Dávid, I., Szabó, L., Radócz, L.: Woolly cupgrass (Eriochloa villosa /Thunb./ Kunth), a recently occurred invasive weed in Trans-Tisza Region and a trial for control in maize.
Agrártud. Közl. 66, 53-57, 2015. ISSN: 1587-1282.





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (5)

16. Nagy, A., Radócz, L., **Szilágyi, A.**: A fenyércirok (*Sorghum halepense* /L./ Pers.) herbicid-rezisztens biotípusainak vizsgálata a Tiszántúli régióban és az ellenük való lehetséges védekezési eljárások.
In: 25-26. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum 9th International Plant Protection Symposium at University of Debrecen. Szerk.: Kövics György, Tarcali Gábor, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 75-76, 2021.
17. **Szilágyi, A.**, Szőke, L., Demeter, O., Radócz, L.: A mandulapalka (*Cyperus esculentus* L.), mint inváziós gyomnövény allelopatikus hatásának vizsgálata laboratóriumi körülmények között.
In: 25-26. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum 9th International Plant Protection Symposium at University of Debrecen. Szerk.: Kövics György, Tarcali Gábor, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 78-79, 2021.
18. Radványi, C., **Szilágyi, A.**, Szőke, L.: Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* /Thunb./ Kunth) allelopatikus hatása a kukorica főbb morfológiai paramétereire.
In: 25-26. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum 9th International Plant Protection Symposium at University of Debrecen. Szerk.: Kövics György, Tarcali Gábor, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 88-89, 2021.
19. **Szilágyi, A.**, Tóth, T., Radócz, L.: Az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* [Thunb.] Kunth) hajtáskivonatainak allelopatikus vizsgálata juglon-index segítségével.
In: 23. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum : Program-Összefoglalók, DE MÉK, Debrecen, 38-39, 2018.
20. **Szilágyi, A.**, Radócz, L.: Egy új inváziós gyomnövény: az ázsiai gyapjúfű (*Eriochloa villosa* (THUNB.) KUNTH) helyzete Magyarországon.
In: XII. Növényorvos Nap, Magyar Növényvédő Mérnöki és Növényorvosi Kamara, Budapest, 74-76, 2017.

További közlemények

Magyar nyelvű könyvek (2)

21. Radócz, L., Juhász, C., **Szilágyi, A.**: Egészséges élelmiszert a kiskertből: útmutató fiatalok számára. Tudomány a Környezetünkért Közhasznú Alapítvány ;, Debrecen, 115 p., 2015.
ISBN: 9786155602153
22. Radócz, L., Juhász, C., **Szilágyi, A.**: Egészséges élelmiszert a kiskertből Vezetői segédlet. Tudomány a Környezetünkért Közhasznú Alapítvány, Debrecen, 32 p., 2015. ISBN: 9786155602160





Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

23. Kövics, G., Tarcali, G., Csüllög, K., Rácz, D., Biró, G., Csótó, A., Szarukán, I., Nagy, A., Szanyi, S., **Szilágyi, A.**, Kovács, G. E., Radócz, L.: A szója integrált védelme.
Növényvédelem. 81 (6), 251-275, 2020. ISSN: 0133-0829.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

24. Vuts, J., Szarukán, I., Marczali, Z., Bálintné Csonka, É., Nagy, A., **Szilágyi, A.**, Tóth, M.:
Development of a synthetic floral lure for pollen beetles (Coleoptera: Nitidulidae).
Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 57 (1), 67-77, 2022. ISSN: 0238-1249.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/038.2022.00144>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

25. Vuts, J., Szarukán, I., Marczali, Z., Bálintné Csonka, É., **Szilágyi, A.**, Imrei, Z., Nagy, A., Tóth, M.: Differences in colour preference among pollen beetle species (Coleoptera: Nitidulidae).
J. Appl. Entomol. 46 (3), 301-309, 2022. ISSN: 0931-2048.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jen.12969>
IF: 2.183 (2021)
26. Bódi, E., Irfan, A., McIntosh, R. W., Fehér, Z. Z., Csajbók, J., Juhász, C., Radócz, L., **Szilágyi, A.**, Buday, T.: Subregion-Scale Geothermal Delineation Based on Image Analysis Using Reflection Seismology and Well Data with an Outlook for Land Use.
Sustainability. 14 (6), 1-21, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su14063529>
IF: 3.889 (2021)
27. Radócz, L., **Szilágyi, A.**, Nagy, M., Kovács, G. E., Melika, G.: Asian sweet chestnut gallwasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae): first record for Romania.
North-West. J. Zool. 12 (1), 201-204, 2016. ISSN: 1584-9074.
IF: 0.733

Egyéb folyóiratközlemények (1)

28. **Szilágyi, A.**: 22. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum.
Magy. Gyomkut. Technol. 18 (2), 105-106, 2017. ISSN: 1586-894X.

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (8)

29. **Szilágyi, A.**, Szőke, L., Radócz, L.: Újonnan megjelenő, inváziós gyomnövények a magyar mezőgazdaságban.
Értéktálló Aranykorona. 21 (1), 18-19, 2021. ISSN: 1586-9652.
30. **Szilágyi, A.**: Védekezés a kukorica termesztését veszélyeztető rovarkártevők ellen.
Értéktálló aranykorona. 21 (5-6), 12-13, 2021. ISSN: 1586-9652.
31. **Szilágyi, A.**: A kukoricamoly kártétele és az időzített védekezés jelentősége.
Értéktálló aranykorona. 20 (5-6), 12-12, 2020. ISSN: 1586-9652.





32. **Szilágyi, A.**: Gyomirtás őszi kalászosokban.
Agrárunió. 20 (3), 56-58, 2019. ISSN: 1589-6846.
33. **Szilágyi, A.**: Gyomszabályozás a gabonatarlón.
Agrárunió. 20 (6-7), 50-52, 2019. ISSN: 1589-6846.
34. **Szilágyi, A.**, ill. Dávid, I.: Gyomszabályozás kukoricában.
Agrárunió. 20 (4), 32-34, 2019. ISSN: 1589-6846.
35. **Szilágyi, A.**, Tóth, T.: Hatékony védekezés a kukorica kártevői ellen.
Értékálló aranykorona. 18 (5-6), 8-10, 2018. ISSN: 1586-9652.
36. **Szilágyi, A.**, Radócz, L., Balogh, Z.: Az ázsiai gyapjúfű gyomnövény hazai térnyerése.
MezőHír. 21 (2), 22-24, 2016. ISSN: 1587-060X.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 15,412

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
8,607**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2023.01.17.



12. NYILATKOZATOK

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2023. augusztus 15.

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Szilágyi Arnold** doktorjelölt 2015 - 2023 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2023. augusztus 28.

.....

a témavezető(k) aláírása

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek Dr. Radócz László, egyetemi docensnek, aki hasznos szakmai tanácsaival és útmutatásaival segítette munkám előre haladását.

Köszönöm Dr. Nagy Antal, egyetemi docensnek, hogy a munka során ellátott hasznos tanácsokkal, valamint az eredményeim statisztikai elemzésében nagy segítséget nyújtott.

Külön köszönetet szeretnék mondani Dr. Tóth Brigittának és Szőke Lórántnak, amiért segítették a kutatási munkámat.

Köszönettel tartozom a Növényvédelmi Intézet dolgozóinak, akik tanácsaikkal, együttműködésükkel könnyítették a kutatásom előrehaladását.

Végezetül köszönet illeti családomat, különösen feleségemet, aki mindvégig támogatott munkámban és a dolgozat elkészítésében.