

Pannon Egyetem Georgikon Kar
Festetics Doktori Iskola

Iskolavezető:

Dr. habil. Anda Angéla
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Nádasyné Dr. habil. Ihárosi Erzsébet
egyetemi docens, PhD

**Adatok a köles fajok biológiájához és természetes
vírusfertőzöttségéhez**

Doktori (PhD) értekezés

DOI:10.18136/PE.2020.750

Készítette:

Pásztor György

Keszthely

2020

Adatok a köles fajok biológiájához és természetes vírusfertőzöttségéhez

Az értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében készült a Pannon Egyetem
Festetics Doktori Iskolája keretében

Környezettudományok tudományágban

Írta: Pásztor György

Témavezető: Dr. Nádasy Dr Ihárosi Erzsébet

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(témavezető)

A jelölt a doktori szigorlaton %-ot ért el,
Veszprém/Keszthely,

.....
(a Szigorlati Bizottság elnöke)

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen /nem

.....
(bíráló)

Bíráló neve: igen /nem

.....
(bíráló)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Veszprém/Keszthely,

.....
(a Bíráló Bizottság elnöke)

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....
Veszprém/Keszthely,

.....
(az EDHT elnöke)

TARTALOMJEGYZÉK

1. KIVONATOK.....	6
1.1 Magyar nyelvű kivonat.....	6
1.2 Angol nyelvű kivonat	7
1.3 Német nyelvű kivonat	8
2. BEVEZETÉS	10
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	12
3.1 A természetett köles, mint gyomnövény	12
3.1.1 A természetett köles (<i>Panicum miliaceum</i> L.) származása és hazai elterjedése	12
3.1.2 A természetett köles (<i>Panicum miliaceum</i> L.) morfológiája.....	16
3.1.3 A természetett köles (<i>Panicum miliaceum</i> L.) nevezéktana és taxonómiája.....	23
3.2 A parti köles, mint inváziós gyomnövény	24
3.2.1 A parti köles (<i>Panicum riparium</i> L.) származása és hazai elterjedése.....	24
3.2.2 A parti köles (<i>Panicum riparium</i> L.) morfológiája	25
3.2.3 A parti köles (<i>Panicum riparium</i> L.) nevezéktana és taxonómiája.....	25
3.3 A <i>Panicum</i> szekcióba tartozó kölesfajok csírázásbiológiája	26
3.4 A magasabb rendű növények közötti kölcsönhatások.....	29
3.4.1 A kompetíció	29
3.4.2 Az allelopátia.....	31
3.5 A kölesfajok kártétele és a védekezés a köles nemzetségbe tartozó gyomfajok ellen kukoricában.....	34
3.6 A gyomnövények természetes vírusfertőzöttsége, és szerepe a vírusbetegségek terjesztésében.....	39
3.6.1 A legfontosabb gabonapatogén vírusok Magyarországon, és az ellenük való védekezési lehetőségek	39
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	43
4.1 Csírázásbiológiai vizsgálatok	43
4.2 A kölesfajok allelopátiájának vizsgálata	43
4.2.1. Laboratóriumi vizsgálatok.....	43
4.2.2. Tenyészedényes vizsgálatok.....	44
4.3 Kompetíciós vizsgálat	45
4.3.1. Tenyészedényes vizsgálatok.....	45
4.4 Gyomvirologiai vizsgálatok	46

5. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE.....	50
5.1 Csírázásbiológiai vizsgálat.....	50
5.2 A kölesfajok allelopátiájának vizsgálata.....	53
5.2.1 Laboratóriumi vizsgálatok.....	53
5.2.2 Tenyészedényes vizsgálatok.....	60
5.3 Kompetíciós vizsgálatok.....	64
5.3.1 Tenyészedényes vizsgálatok.....	64
5.4. Gyomvirológiai vizsgálatok.....	73
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	82
7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI.....	86
7.1 Magyar nyelvű tézispontok.....	86
7.2 Angol nyelvű tézispontok.....	87
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	88
9. IRODALOMJEGYZÉK.....	89

1. KIVONATOK

1.1 Magyar nyelvű kivonat

A disszertáció a természetett köles (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*), a gyomköles (*Panicum miliaceum* subsp. *ruderales*) és a parti köles (*Panicum riparium*) csírázásbiológiájával, kompetíciós képességével, allelopátiájával foglalkozik, kiegészítve a kutatást a *P. miliaceum* természetes vírusfertőzöttségének vizsgálatával.

A szerző csírázásbiológiai vizsgálatokat végzett a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*, *P. miliaceum* subsp. *ruderales* alfajokkal valamint a *P. riparium* fajjal. különböző hőmérsékleteken. A vizsgálatok során a *P. riparium* kivételével a fajok stabil csírázóképeséget mutattak 30 °C-ig, a *P. riparium* csírázása az emelkedő hőmérséklet hatására csökkent. A laborkísérlet bizonyította, hogy a fajok csírázására nincs szignifikáns hatással a magasabb hőmérséklet.

A szerző additív kompetíciós kísérletet végzett a három fajjal. A tenyészedényes kísérletekben a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* erős kompetítornak bizonyult, valamint a *P. ruderales* minták között jelentős különbség mutatkozott.

A szerző in vitro és tenyészedényes allelopátiás vizsgálatokat végzett a három említett kölesfajjal és -alfajjal. Az in vitro kísérletek során a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* különböző töménységű kivonatai serkentették a kukorica csírázását, míg a *P. riparium* gátló hatást mutatott. A hajtás- illetve gyökérhossz vizsgálatánál is hasonlóak voltak az eredmények, a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* serkentő hatást, míg a *P. riparium* erőteljes gátló hatást mutatott, a hajtáshossz esetében 16% feletti visszaesést okozva a kontrollhoz képest. A tenyészedényes vizsgálatok során a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* allelopátiáját vizsgáltuk, melynél ellenkező hatást tapasztaltunk, a talajba kevert növényi anyag mindhárom töménységben szignifikánsan csökkentette a kukorica hajtás- és gyökérhosszát, viszont a biomassza-produkciót nem tudta szignifikánsan befolyásolni.

A disszertáció ismerteti a *P. miliaceum* természetes vírusfertőzöttségére irányuló vizsgálatokat is. A DAS ELISA módszerrel sikerült kimutatni a WSMW, WDV, BSMV, BYDV és a BStMV vírusok jelenlétét is. A kisRNS vizsgálat bizonyítja a WSMV jelenlétét a mintákban, ezzel új gazdanövényként írja le a *P. miliaceum* fajt. Továbbá leírja két, korábban

Magyarországon nem detektált vírus (BYSMV, BVG) jelenlétét is a mintákban. Az eredmények mutatják, hogy a köles fajoknak jelentős szerepe lehet a gabona- és egyéb vírusok epidemiológiájában.

1.2 Angol nyelvű kivonat

The dissertation deals with the germination biology, competitiveness and allelopathy of proso millet (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*), *Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* and the *Panicum riparium* species.

The author performed germination biological studies with the *P. miliaceum* subsp. *miliaceum*, *P. miliaceum* subsp. *ruderales* and *P. riparium* species, at different temperatures. In the studies, with the exception of *P. riparium*, the species showed stable germination ability up to 30 °C, the germination of *P. riparium* decreased with increasing temperature. The laboratory experiment proved that the germination of the species was not significantly affected by the higher temperature.

In an in vitro experiment, the author performed competition experiments with the three species and subspecies. In pot experiments, *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* and *P. miliaceum* subsp. *ruderales* proved to be a strong competitor, and there was a significant difference between *P. ruderales* samples, confirming the effect of environmental factors influencing competition.

The author performed in vitro and pot experiment allelopathic studies with the three mentioned millet species. In in vitro experiments, *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* and *P. miliaceum* subsp. *ruderales* extracts of different concentrations stimulated germination, while *P. riparium* showed an inhibitory effect. The results were similar when examining shoot and root length, *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* and *P. miliaceum* subsp. *ruderales* had a stimulatory effect, while *P. riparium* showed a strong inhibitory effect, causing a drop in shoot length of more than 16% compared to the control. In the allelopathy pot studies, *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* sample were used, in which the opposite effect was observed, the plant material mixed into the soil significantly reduced the shoot and root length of maize at all three concentrations.

The dissertation also describes studies on the natural viral infection of *P. miliaceum*. The DAS ELISA method was also used to detect the presence of WSMV, WDV, BSMV, BYDV and BStMV. The small RNA assay demonstrates the presence of WSMV in the samples, thus

describing *P. miliaceum* as a new host plant. It also describes the presence of two previously undetected viruses (BYSMV, BVG) in the samples. The results show that millet species may play a significant role in the epidemiology of cereals and other viruses.

1.3 Német nyelvű kivonat

Die Dissertation befasst sich mit der Keimbilogie, Wettbewerbsfähigkeit und Allelopathie von Kulturhirse (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*), Unkrauthirse (*Panicum miliaceum* subsp. *rudemale*) und Hirse (*Panicum riparium*).

Der Autor führte keimbilogische Studien mit den drei Hirse-Arten (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*, *P. miliaceum* subsp. *rudemale* und *P. riparium*) bei unterschiedlichen Temperaturen durch. In den Studien zeigte die Art mit Ausnahme von *P. riparium* eine stabile Keimfähigkeit bis 30 ° C, die Keimung von *P. riparium* nahm mit zunehmender Temperatur ab. Das Laborexperiment zeigte, dass die Keimung der Art durch die höhere Temperatur nicht signifikant beeinflusst wurde.

In einem In-vitro-Experiment führte der Autor Wettbewerbsexperimente mit den drei Arten durch. In Topfversuchen wurde *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* und *P. miliaceum* subsp. *rudemale* erwies sich als starker Konkurrent, und es gab einen signifikanten Unterschied zwischen *P. rudemale*-Proben, was die Auswirkung von Umweltfaktoren bestätigt, die den Wettbewerb beeinflussen.

Der Autor führte allelopathische In-vitro- und Kulturgefäßstudien mit den drei genannten Hirsespezies durch. In In-vitro-Experimenten wurde *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* und *P. miliaceum* subsp. *rudemale* extrakte verschiedener Konzentrationen von Rudemale stimulierten die Keimung, während *P. riparium* eine hemmende Wirkung zeigte. Die Ergebnisse waren ähnlich bei der Untersuchung der Spross- und Wurzellänge, *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* und *P. miliaceum* subsp. *rudemale* hatte eine stimulierende Wirkung, während *P. riparium* eine starke Hemmwirkung zeigte, was zu einem Abfall der Sprosslänge von mehr als 16% im Vergleich zur Kontrolle führte. In Kulturgefäßstudien wurde *P. miliaceum* subsp. *miliaceum*-Allelopathie, bei der der gegenteilige Effekt beobachtet wurde, reduzierte das in den Boden eingemischte Pflanzenmaterial die Spross- und Wurzellänge von Mais bei allen drei Konzentrationen signifikant.

Die Dissertation beschreibt auch Studien zur natürlichen Virusinfektion von *P. miliaceum*. Das DAS-ELISA-Verfahren wurde auch verwendet, um das Vorhandensein von WSMW-, WDV-, BSMV-, BYDV- und BStMV-Viren nachzuweisen. Der kleine RNA-Assay zeigt das Vorhandensein von WSMV in den Proben und beschreibt somit *P. miliaceum* als neue Wirtspflanze. Es beschreibt auch das Vorhandensein von zwei zuvor nicht erkannten Viren (BYSMV, BVG) in den Proben. Die Ergebnisse zeigen, dass Hirse-Arten eine bedeutende Rolle bei der Epidemiologie von Getreide und anderen Viren spielen können.

2. BEVEZETÉS

A köles (*Panicum*) nemzetség a pázsitfűfélék egyik legnagyobb, fajokban rendkívül gazdag csoportja, az ide tartozó fajok száma a világon meghaladja az ötszázat. Elterjedésüket, és nehezen irtható gyomnövényé válásukat az intenzív növényvédelem, a növényvédőszer - elsősorban az aminotriazinok széleskörű, és hosszútávú használata, valamint a klímaváltozás indukálta. Elvadult alakjainak köszönhetően ma már kultúr-gyom fajkomplekként ismertek a herbológiai gyakorlatban. A nagyszámú kölesfaj közül az Országos Szántóföldi Gyomfelvételezések eredményei alapján, korábban mindössze két faj (*P. miliaceum* ssp. *miliaceum*, *P. capillare*) szerepelt hazánk gyomflórájában, az utóbbi évtizedekben azonban több új adventív fajuk jelent meg, és vált veszélyes gyomnövényé. Ennek egyik oka a klímaváltozás szerepe, mely egyre inkább lehetővé teszi az új gyomfajok betelepődését. A köles elleni védekezést nehezíti, hogy újabb *Panicum* fajok fertőzésével és terjedésével továbbra is számolni kell a közeljövőben. Ezen fajok kukorica gyomflórájában történő megjelenése védekezési szempontból újabb kihívást jelent a termelő és a növényvédelmi szakemberek számára egyaránt, hiszen csírázásbiológiájuk, és így a megfelelő védekezés időpontja is eltérő. Csiky és munkatársai (2004) után 2006-ban Pál és Pinke számoltak be a kései köles (*P. dichotomiflorum*) szélesebb körű megjelenéséről és gyomosításáról kukoricában. Egy további fajt is azonosítottak 2007-ben első ízben Zala megyében, a parti kölest (*Panicum riparium*). A köles fajok, illetve *P. miliaceum* fajon belüli alfajok elkülönítése nehéz, ezért komoly szakértelmet kíván, így a növényvédelem új kihívással néz szembe, mivel a fajok és alfajok elkülönítése mellett a növényvédelmi technológiákat is optimalizálni kell a megfelelő hatás elérése érdekében. Ahhoz, hogy mindez megvalósuljon, elsőként tisztáznunk kell a hazánkban megtalálható fajok biológiáját, Ismernünk kell, hogy a köles fajok illetve alfajok csírázásbiológiája mennyire különbözik, milyen jellegű kompetícióval rendelkeznek, tartalmaznak-e allelokemikáliákat, rendelkeznek-e allelopátiával, illetve a kukorica csírázását, növekedését hogyan befolyásolják.

Kutatásunk céljai a következők voltak:

1. Vizsgálni a természetett köles, a gyomköles és a parti köles csírázásbiológiáját, és feltárni a köztük lévő különbségeket, illetve tanulmányozni, hogy rendelkeznek-e a fajok, alfajok dormanciával, valamint a klímaváltozás hatását vizsgálni a fajok csírázásbiológiájára nézve.

2. Tanulmányozni, hogy milyen erősségű kompetícióval bírnak a felsorolt fajok tenyészedényes körülmények között.
3. Rendelkeznek-e allelopátiával, és van-e különbség köztük az allelopátia erőssége szempontjából.
4. Felmérni a kölesfajok természetes gabonavírus-fertőzöttségét, illetve vírusepidemiológiai szerepüket.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A termesztett köles, mint gyomnövény

3.1.1 A termesztett köles (*Panicum miliaceum* L.) származása és hazai elterjedése

A köles (*Panicum*) nemzetség a pázsitfűfélék (*Poaceae*) egyik legnagyobb, fajokban rendkívül gazdag csoportja, az ide tartozó fajok száma a világon meghaladja az ötszázat (Barkworth et al, 2007). Többségük a trópusokon és a szubtrópusi éghajlati zónában él (Zuloaga és Soderstrom, 1985; Freckmann és Lelong, 2003, 2007; Shouliang és Renvoize, 2006), gyomnövényként mintegy 50 fajukat tartjuk számon (Holm et al, 1979). A legfrissebb kutatások alapján a fajok száma jelentősen csökkent a nemzetségben, mivel más csoportokba sorolták őket (Aliscioni et al, 2003). A köles termesztése több ezer éves múltra tekint vissza (Taylor és Duadu, 2018). Bár a régészek még nem biztosak benne, hogy a köles mikor lett termesztésbe vonva, általában egyetértenek abban, hogy az valószínűleg külön-külön történt három különböző központban: (1) Kína északnyugati részén (Bettinger et al, 2007, 2010a, b), (2) Közép Kínában (Lu et al, 2009) és (3) Belső-Mongóliában (Zhao, 2005).

Magyar kutatók szerint elsőként Kínában termesztették, innen terjedt tovább az észak-indiai területekre, később a Kaukázus környékére (Czimer és Hartmann, 2006). A köles terjedésének bizonyítékai, hogy Kína, Közép- és Kelet-Európa, Kaukázus, a Közel-Kelet és Egyiptom területén az i.e. 5000 előtti időkből már 41 lelőhelyen kimutatták a *Panicum* nemzetség fajait (Hunt et al, 2008). Kutatások bizonyítják, hogy a faj keletről érkezett hazánkba, szemben az ásatások során talált egyéb gabonanövényekkel (Amirkhanov, 1987). A Kárpát-medencében a *Panicum miliaceum* az egyik legrégebb kultúrnövényünk. Magyarországon és Közép-Európában az újkőkorszakban már termesztették (Czimer és Hartmann, 2006). Aggteleki és lengyeli ásatások szerint az újabb kőkorszak egyik legfontosabb tápláléka volt, kása formájában fogyasztották (Láng, 1965), később szemtermését búza- és rizsliszttel keverve kenyérsütésre is felhasználták.

A *Panicum miliaceum* a Kárpát-medencén kívül is előfordul valamennyi kukorica termesztő körzetben, viszont fő előfordulási helye Parochetti (1973) szerint az USA és Kanada kukoricatermesztő övezete.

A világon a termesztett köles vetésterülete 35,5 millió ha, a megtermett össz mennyiség 1961-ben még közel 50 millió tonna volt, 2011-re 35 millió tonnára csökkent (Internet 1.). A köles a hatodik helyet foglalja el a világ legfontosabb gabonaféléi között, ellátva élelmiszerrel a világ népességének több mint egyharmadát (Verma és Patel, 2012; Changmei és Dorothy, 2014). A köles Kínában, Japánban, Afrikában és Indiában élő emberek millióinak és különösen a világ forró és száraz területein élő embereknek fő energia- és fehérjeforrása (Rachie, 1975; Amadou et al., 2013).

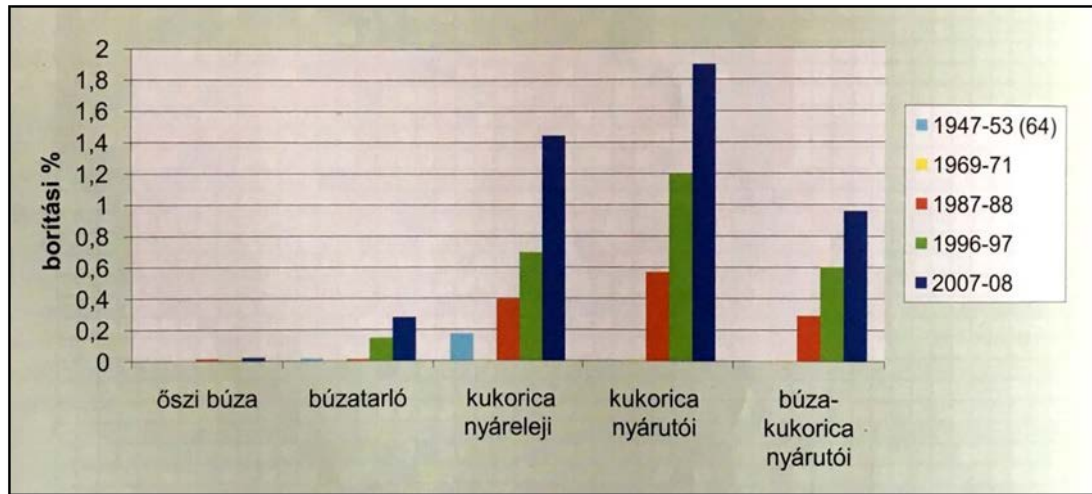
Hazánkban 1995-ben még 9000 hektáron, 2014-ben 4500 ha területen termesztették kizárólag magjáért (Internet 2). A termésátlagok 1,0-2,5 t/ha között változhatnak a termőhelytől és az alkalmazott agrotechnikától függően (Sárvári, 2011).

Termésmennyisége az utóbbi évtizedekben elérte az 5-10 mázsa/ha-os átlagot hazánkban. Nemcsak főveteményként, másod- illetve hézagpótló növényként is jelentős szerepe volt és van jelenleg is (Haraszi et al, 1963). Hazánkban főként másodvetésként termesztik, takarmánynak illetve a reformkonyha egyik alapanyagaként (Bocz et al, 1992).

A termesztett köles hazánkban és Európa-szerte a növénytermesztés intenzívvé válásával, a herbicidhasználat elterjedésével vált veszélyes, nehezen irtható gyomnövényé (Ryves et al, 1996; Van de Wouf et al, 2008, Novák et al, 2009, Moravcová et al, 2010). Erős elterjedését többek között a klóramino-triazin hatóanyagok alkalmazása serkentette, mivel az egyszikű termesztett köles ellenáll a hatóanyagcsoportnak. Míg a kétszikű gyomfajok erősen visszaszorultak, a köles vetélytárs nélkül maradt.

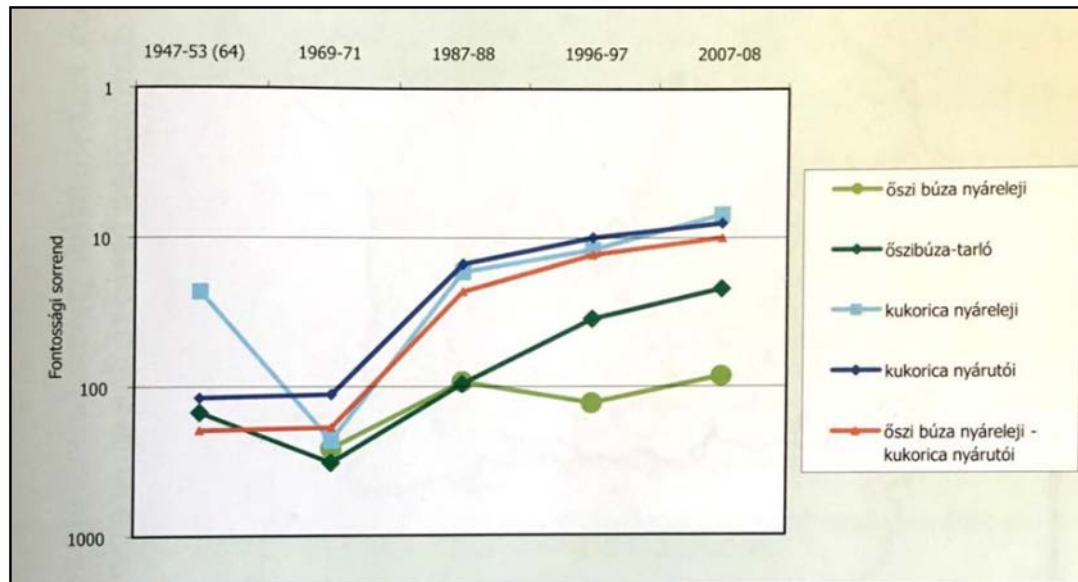
A kukorica monokultúrás termesztése is nagyban hozzájárult terjedéséhez, mivel kukoricában minden tekintetben megtalálja életfeltételeit (Czimer és Csala, 1974).

Hazánkban a Bábolna környéki felvételezések említik elsőként, az 1948-1961 évi felvételezés alapján még nem volt jelentős a kártétele (Fekete, 1963). Az 1950-es I. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés szerint a fontossági sorrendben a 119. helyen állt, 0,0063%-os átlagborítással. Az 1969-71-es II. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezésekben a 100. helyet foglalta el, 0,0087%-os borítás mellett. Veszélyes, és országosan elterjedt gyomnövényé a III. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés (1987-1988) idejére vált, amikor már a kukorica 20 legfontosabb gyomnövénye között tartottuk számon (Magyar, 2014) (1-2. ábra).



1. ábra: A termesztett köles borításának alakulása az Országos Szántóföldi gyomfelvételezések alapján

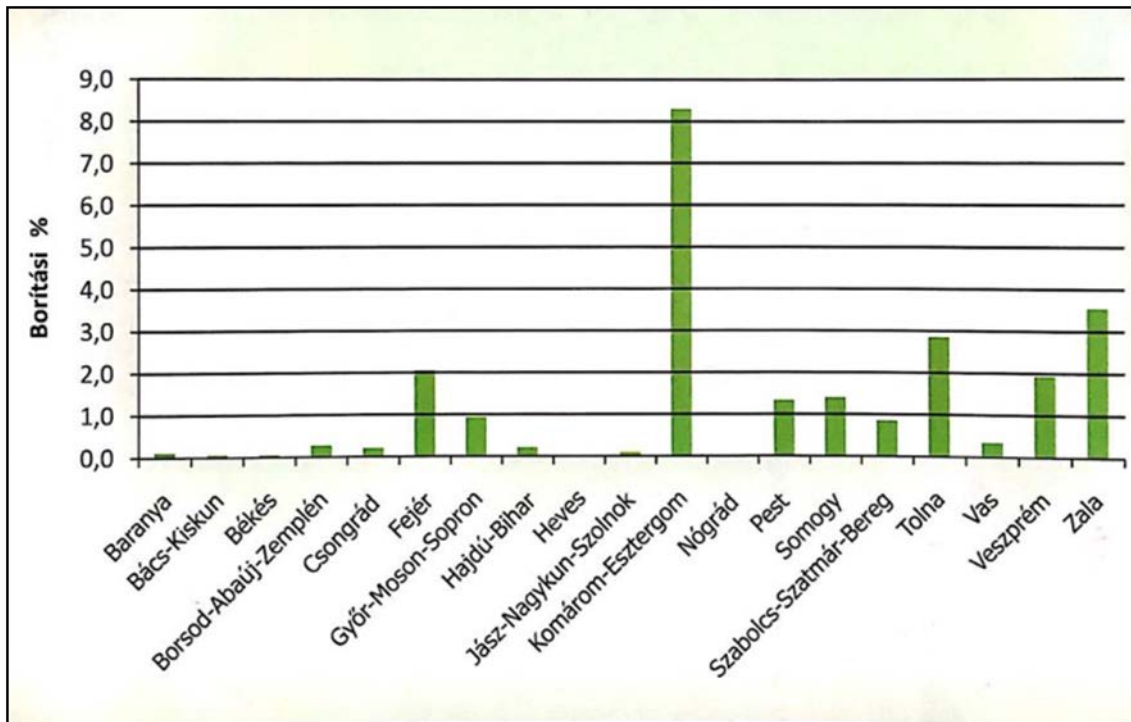
Forrás: Novák et al, 2011



2. ábra: A termesztett köles fertőzésének változásai az Országos Gyomfelvételezések alapján

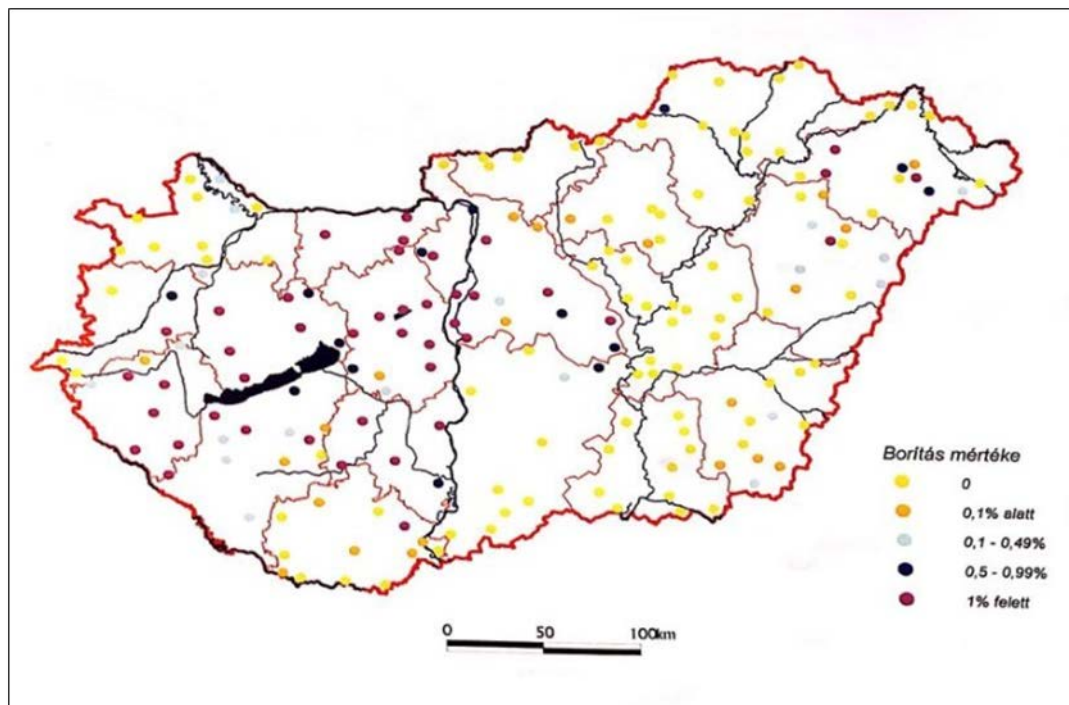
Forrás: Novák et al, 2011

Ujvárosi 1973-as hazai vizsgálatai alapján a *Panicum miliaceum* megtalálható a szántóföldeken, illetve az ugarokon és ruderáliákon is, 1974-ben Czimber és Csala jelentős előfordulást említenek a bábolnai kukoricatermesztő körzetben, majd Ujvárosi (1975) jelezte elvadult alakjának előfordulását Nagyvázsony illetve Izsák határában.



3. ábra: A természet köles megyénkénti borításának alakulása az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés alapján

Forrás: Novák et al, 2011



4. ábra: Termesztett köles fertőzés az Ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés eredményei alapján

Forrás: Novák et al, 2011

A későbbiekben Szalai említ erőteljes fertőzést 1982-ben Győr-Moson-Sopron megyéből, Mezőörs körzetéből, mely határos a bábolnai körzettel. Az említett fertőzés ekkor már Győrig húzódott. Hasonlóan erős fertőzésről érkezett jelentés 1985-ben Komárom, Fejér, Tolna, Békés, illetve Baranya megyében (3. ábra). Az előfordulása ekkor vált általánossá csernozjom, réti öntés, és barna erdőtalajokon. Az Ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés eredményei alapján (4. ábra) kukoricában a természetett köles a 7. helyen állt, 1,44 %-os borítottsággal. A cérnaköles (*Panicum capillare*) a 84. helyre szorult, illetve megemlítésre került két új köles faj, a gyomköles (*Panicum miliaceum* subsp. *ruderales*) a 40. helyen és a kései köles (*Panicum dichotomiflorum*) is a 156. helyen (Novák et al, 2011). A VI. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés részadatai alapján a természetett köles jelentősége kukoricában emelkedő tendenciát mutat. A köles fajok közül jelentős mértékben előrelépett a *P. miliaceum* subsp. *ruderales*, illetve a *P. riparium* és *P. dichotomiflorum* is előrébb került a rangsorban (VI. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés, szóbeli közlés).

3.1.2 A természetett köles (*Panicum miliaceum* L.) morfológiája

A természetett köles tavasszal csírázik, a muharfélékhez képest vaskosabb, zömökebb. Levele, de főleg levélhüvelye szőrözött. A levél rövid, hegyes, alapjánál viszonylag széles. Nincsen levélnyelvecskéje, ezt szőrkoszorú helyettesíti. A kifejlett növény egyéves, magas, erőteljes növekedésű, alul lekönyöklő, vastag szárú és bokrosodó. A virág színe zöld (Ujvárosi, 1973). Bugája nagy, tömött, bókoló, a füzérek nagyok, hosszú nyelűek és egyvirágúak (Hunyadi, 1988). A nem feltűnő virágok 2-3 virágból álló füzérvirágzattá csoportosulnak (Hortobágyi, 1963). A füzérek többsége szálkátlan, hosszú kocsányú. A pelyvák száma 3, és a két belső jóval hosszabb, mint a harmadik külső. Toklászai kemények és a szemtermést magukba zárják. A termés túlnyomó többségben toklászos formában található, a csupasz szemek ritkák (Soó és Kárpáti, 1968; Hunyadi, 1988; Czimber és Hartmann, 2006). A szem 3-3,5 mm hosszú, széles elliptikus, gyengén lapított, mindkét oldalon domború. A háti és a hasi toklász egyaránt sima, kemény, fényes, élénk színű (sárga, piros, szürke, barna). A háti toklász oldalai lekerekítettek, a hasi toklászt keskenyen szegik. A csupasz szem majdnem kerek (Hunyadi, 1988), ezermagtömege 4-6 g (Schermann, 1967) (5. ábra).



5. ábra: A *Panicum miliaceum* szemtermése (Forrás: Pintér, 2015)

A toklászok a fajták szerint különböző színűek lehetnek: fehérek, sárgák, pirosak, szürkék, gesztenyebarnák és okkerbarnák (Schermann, 1967). A kölessel (*Panicum miliaceum*) fertőzött kultúrák vizsgálatai kimutatták, hogy a köles állományok egyedei igen változatosak. A különbségek megtalálhatóak a növények termetében, a bugák zártságában, a termés színében, formájában, barázdáltságában (6. ábra). A későbbi vizsgálatok aztán rámutattak, hogy a termesztett köles számos alakjának keveredéséről van szó. Egy területen mindig abból az alakból (fajtából) volt több, amelyet korábban ott termesztettek (Czimer és Hartmann, 2006). A *Panicum miliaceum* alakkör alfajainak pontos terepi meghatározása nehéz, megfelelő szaktudást és odafigyelést igényel.



6. Ábra: *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* a virágzás kezdetén (Forrás: Saját kép)

A termesztett köles alakjai három alfajba foglalhatók össze, mely aktualizálását Magyar és Király (2012) végezték:

– *subsp. miliaceum*: a korábban legelterjedtebb gyomosító alfaj. Bugájának morfológiája alapján három csoport került elkülönítésre (terpedt, zászlós és tömött bugájú). A zászlós bugájú változat áll ma is köztermesztésben. Szemterméseinek színe lehet szürke, élénkpiros, sárgás vagy fekete (7. ábra).

– *subsp. rudérale*: A törzsalakból alakult ki, valószínűsíthetően többszöri visszamutáció eredményeként. Fontossági sorrendben már az 1. helyet foglalja el az alfajok közül. Laza termékes bugájáról, felálló ágairól a legkönnyebb megkülönböztetni. Szemtermései karcsúbbak, és a füzérkéekkel és a pelyvával együtt hullanak le. Jelenlétét 1976-ban jelezték először.

– *subsp. agricola*: Közép-Európában az 1990-es évektől azonosították, mint új köles alfajt. Magyar elnevezése jelenleg nincs. Magyarországon is megtalálták populációit, a jelenlegi vizsgálatok alapján jelenleg nem jelentős gyomosító alfaj. Érdekessége az alfajnak, hogy intermedier jelleget mutat a másik két alfaj között. Termékes bugaágai tömöttek, éréskor

széttöredező füzérkéiből kiperegnek a magvak, viszont a pelyvák nem válnak le a füzérkék kocsányáról. Szemtermései szélesebben és nagyobb tömegűek, érésük viszont nem húzódik el olyan mértékben, mint a *subsp. ruderales* alfajnak.

A *P. miliaceum* alfajok nem csupán habitusukban és morfológiai jellemzőikben különböznek egymástól, hanem sok esetben biológiai sajátosságaik is eltéréseket mutatnak. A gyomnövényként megjelenő *P. miliaceum subsp. miliaceum* számos kultúrnövényre jellemző tulajdonsággal rendelkezik. Szemtermései egy időben érnek be, nagyobbak és nehezebbek, mint az alakkör többi képviselőjénél. A füzérkék csak erősebb külső behatásra törnek szét, a szemtermések természetes terjedő képesség hiányában a növényen maradnak (Scholz 1983; Hügin 2010).



7. ábra: A *Panicum miliaceum subsp. miliaceum* habitusképe kukoricában (Forrás: Saját kép)

Gyomköles

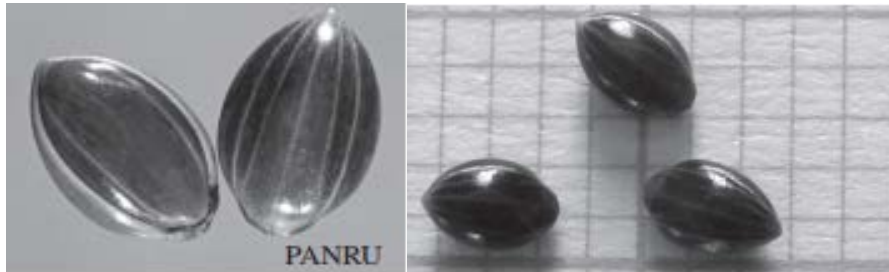
A gyomköles (*Panicum miliaceum subsp. ruderales*) tehát a termesztett köles kivadult alakja (Scholz és Mikolás, 1991; Williams et al, 2007).

Nagyüzemi kukoricavetésekben tömegesen fellépő alfajai többszöri visszamutációval alakultak ki (Pinke és Pál, 2005). Amerikában elsőként jelezték a *Panicum miliaceum* előfordulását Minnesota és Wisconsin államokban, az 1970-es években (Strand et al, 1973, Harvey, 1979, Karam et al, 2004).

A termesztett kölestől legkönnyebben megkülönböztetni úgy lehet, hogy a legfőbb alaktani sajátosságát vesszük figyelembe, amely a buga alakja. Laza természetes bugája és felálló ágai

vannak füzérkéék hossza 5 mm (Magyar, 2014). Szemtermése színe ellentétben más fajokkal túlnyomóan sötét olajbarna vagy fekete színű (Bough et al., 1986) (8. ábra).

A szemtermés szélessége (Magyar et al., 2013) adatai szerint 1,85-2,15 mm, hosszúsága 3,00-3,55 mm valamint a szemek ezermagtömege 3,5-5 gramm.



8. ábra: A *Panicum miliaceum* subsp. *ruderalis* szemtermése (Forrás: Pintér, 2015)

A termések lépcsőzetesen érnek és az érés során a füzérkéék leválnak és a terméssel együtt hullanak a talajra. A csíranövény levélkéi szélesek öblösek és a levéllemez hosszában jellegzetesen csíkolt. A legfiatalabb levél göngyölt formát mutat. A növény levelei szőrösek főként a levélhüvely környéke a hosszú szőröktől bozontos képet mutat (Petrányi és Tóth, 2000). A növényt borító szőrök kiálló szemölcsökből erednek (Czímber és Hartmann, 2006).

A többi köles alfajhoz hasonlóan a virágok száma itt is 154-305 között változik (9. ábra). Magtermészetét tekintve kedvező körülmények között másfél-kétszerese lehet a természetes köles magtermészetének, ami kb. 83000-94000 db/növény (Eberlein et al., 1990) (10. ábra).



9. ábra: A *Panicum miliaceum* subsp. *ruderale* habitusképe (Forrás: Saját kép)



10. ábra: *Panicum miliaceum* subsp. *ruderale*, mint a kukorica szegetális gyomflórájának egyeduralkodója (Forrás: Saját kép)

A gyomköles biológiai sajátosságaival kapcsolatban megállapítható, hogy teljesen hiányoznak a törzsalakra jellemző domesztikációs bélyegek. Ez megnyilvánul a csírázaskori intraspecifikus különbségekben is. E különbségek szerint a *Panicum miliaceum subsp. ruderae* magjai hosszabb volumenű endogén magnyugalmi állapottal jellemezhetők, mint a *Panicum miliaceum subsp. miliaceum* magjai. Ez az elsődleges magnyugalmi állapot 6-8 hétig tart, így ha kedvezőek a körülmények, akkor sem csíráznak ki a magvak a talajban. Talajba temetett magjai általánosan a talaj perzisztens gyommagkészletét gyarapítják és életképességüket rendszerint legalább 4 évig megőrzik (Magyar, 2012). Perzisztenciájához számottevően hozzájárul az a magmorfológiai sajátosság, hogy sötétebb színű magjain vastagabb a maghéj, ezért a vízfelvétel és a csírázás is jóval lassabb lefolyású, mint pl. a termesztett kölesnél (Khan et al, 1996). A fiziológiai fejlődésében is különbségek mutatkoznak a törzsalakkal szemben. A csírázaskori különbségek után az első szembeötlő különbség a szárbainduláskor mutatkozik ugyanis a *subsp. miliaceum* fejlődése sokkal erélyesebb, mint a *subsp. ruderae* alfajé. Viszont ez utóbbi hosszabb szárat fejleszt és magasabbra nő. A következő lényeges különbség bugahányáskor és virágzáskor figyelhető meg. Az első bugák megjelenése és a virágzás 7-14 nappal későbbre tehető, mint a termesztett kölesnél. Az érés fázisa viszont a *subsp. miliaceum* magjainál 2-3 héttel korábban indul, és augusztus végére befejeződik, ezzel szemben a *subsp. ruderae* érése július végétől egészen október végéig elhúzódhat (Klein, 2011).

A cérnaköles (*Panicum capillare*) hasonló a termesztett köleshez, viszont annál kisebb termetű (20-50 cm), lazább bugájú, apró virágú és vékonyabb ágú (Ujvárosi, 1973). Szintén a *Panicum* szekció tagja (Magyar, 2014). Simon (2000) szerint a szár 20-70 cm hosszú, kanadai kutatások viszont a növénymagasságot 20-100 cm-ben határozzák meg. (Clements et al, 2004). A levéllemez alapja szörkoszorúval szegélyezett, füzérkéi 1-2 mm hosszúak és éréskor letörnek (Behrendt és Hanf, 1979). A külső pelyva hárommerű, legfeljebb feleakkora, mint a belső, viszont mind a külső, mind a belső pelyva kihegyezett, szálkás csúcsú. A toklászos termés tojásdad, általában mindkét végén hegyes, a termést szorosan körbezárja. 1,2-1,6 mm hosszú, illetve 0,7-0,9 mm széles (Clements et al, 2004). A toklászok olajszürkék, a háti toklászon 5, a hasi toklászon 3 sárgás, vékony csíkkal. A szemtermés fehér, tojásdad, 1,2 mm hosszú, 0,6 mm széles (Ujvárosi, 1973, Hunyadi, 1988).

A köles elleni harcot tovább nehezíti, hogy újabb *Panicum* fajok fertőzésével és terjedésével kell számolni a közeljövőben. Ezen fajok kukorica gyomflórájában történő megjelenése védekezés szempontjából újabb kihívást jelent a termelő és a növényvédelmi szakemberek

számára egyaránt. Csiky és munkatársai 2003-ban találták meg hazánkban, majd 2004-ben írták le a kései kölest (*P. dichotomiflorum*). 2006-ban Pál és Pinke számoltak be a kései köles (*P. dichotomiflorum*) szélesebbkörű megjelenéséről és gyomosításáról kukoricában.

Király és munkatársai (2009) első ízben azonosították a *Panicum riparium* köles fajt, mint florisztikai különlegességet (akkor a Nyírségben károsított számottevően), melyről feltételezik, hogy az Észak-Amerikából behurcolt cérnakölesből (*P. capillare*) alakult ki.

3.1.3 A termesztett köles (*Panicum miliaceum* L.) nevezéktana és taxonómiája

A köles fajok a pászitfűfélék (*Poaceae*) családjának kölesfélék alcsaládjába (*Panicoideae*) tartoznak (Soó és Kárpáti, 1968; Simon, 2000; Király et al, 2009). Kontinensünkön kimutatott fajaik a nemzetség két fajcsoportjából kerülnek ki. E két szekció a *Panicum* illetve a *Dichotomiflora* szekció (11. ábra) (Magyar, 2014).

A <i>Panicum</i> nemzetség képviselői Magyarországon (piros színnel a közelmúltban azonosított, lilával pedig a közeljövőben potenciálisan várható taxonok)	
<u>Sect. <i>Panicum</i></u>	<u>Sect. <i>Dichotomiflora</i></u>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Panicum miliaceum</i> L. - <i>subsp. miliaceum</i> L. - <i>subsp. ruderale</i> (Kitag.) Tzvelev - <i>subsp. agricola</i> H. Scholz & Mikoláš 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx. • <i>Panicum schinzii</i> Hack. ex Schinz.?
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Panicum capillare</i> L. • <i>Panicum riparium</i> H. Scholz • <i>Panicum hillmanii</i> Chase ? 	

11. ábra: Hazánkban előforduló köles fajok (Forrás: Magyar, 2014)

A termesztett köles alakjai három alakkörbe vagy fajtakörbe sorolhatók a buga morfológiája alapján (Magyar, 2014):

- convar. *miliaceum* (korábban *effusum*) - szétálló vagy terpedt bugájú
- convar. *contractum* - zászlós bugájú
- convar. *compactum* - tömött vagy felálló bugájú

Az egyes alakkörökön belül a szemtermést borító toklász színe alapján egyéb felosztást is tesznek így megkülönböztetnek fehér, piros, szürke és sárga toklászú kölest. A három alakkör közül a *Panicum miliaceum convar. contractum* fajtái vannak köztermesztésben hazánkban (Magyar, 2014). Elvadult alakjainak jóvoltából, mint kultúrnövény fajkomplexből ismert (Magyar, 2012).

Hazánkban jelenleg több faj gyomosít: *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* (termesztett köles), a *Panicum capillare* (cérnaköles) és a *Panicum miliaceum* subsp. *rudérale* (gyomköles) (Simon, 2000) fajok, valamint adventív fajok is, melyek jelentősége folyamatosan nő (*P. riparium*, *P. dichotomiflorum*).

3.2 A parti köles, mint inváziós gyomnövény

3.2.1 A parti köles (*Panicum riparium* L.) származása és hazai elterjedése

A hazai szántóföldi gyomflórában az egyik legveszélyesebb adventív köles faj a *Panicum riparium* vagy magyar nevén a parti köles. Az Elba és Odera menti gyomtársulásokból került leírásra, valószínűleg az Észak-Amerikából behurcolt *Panicum capillare*-ből alakult ki (Scholz, 2002). Az azonosítást követően rövidesen kimutatták a fajt Ausztria több pontján is (Hohla, 2006, Stöhr et al, 2007). Európaszerte kimutatták, hogy nem új fajról van szó, hanem egy hibásan meghatározott, régóta jelen lévő fajról, mely vegyes populációt alkotva a *P. capillare* fajjal gyakran nagyobb egyedszámmal van jelen, mint a *P. capillare* (Wilhelm, 2011; Nagy et al, 2012; Amarell, 2013b). Hazai gyomflóra kutatások is bizonyítják, hogy nem egy újonnan megtelepedő fajról van szó. Magyarországon már a 19. század óta gyűjtötték sokáig azonban félreismerték és a rokon faj *Panicum capillare*-ként (cérna vagy hajszálagú köles) határozták be. Európában folyók, vízpartok mentén, illetve ruderalis területeken jelezték megjelenését, szántóföldi viszonylatban, mint veszélyes adventív egyelőre csak Magyarországon. Azóta több megyében így Szabolcs-Szatmár-Bereg, Veszprém, Zala, Somogy megyékben is agresszívan terjed. Gyors terjedését a kukorica monokultúrás termesztése és a herbicid használat megváltozása is nagyban elősegítette (Hoffmann és Magyar, 2012; Nagy et al, 2012). A *Panicum riparium* jelentős toleranciával bír ma a gyakorlatban széles körben alkalmazott HPPD-gátló herbicidekkel szemben. Amennyiben szélesebb térhódítása bebizonyosodik, újabb kukorica-gyommal is számolnunk kell majd (Király et al, 2009).

3.2.2 A parti köles (*Panicum riparium* L.) morfológiája

Alaktani jellemzőiben többek között, a korábban említett rokonfajtól robusztusabb növekedésében tér el, kb. 150 cm magasra nő meg (12. ábra). Levele és levélhüvelye sűrűn elálló szőrű. A többi hazai kölesfajtól biztonságosan csak a virágzat morfológiája alapján különíthető el (Nagy, 2015). Legfontosabb differenciális bélyege, hogy bugája kevesebb virágú, laza, a bugaágak csúcsa alatti füzérkék kocsánya pedig rövid nyelű. A füzérkék keskenyek, hosszan kihegyezettek, a felső pelyva 5-7 erű (Magyar, 2014). A hazai példányok füzérkehossza 2,3 – 2,5 mm, füzérszélessége 0,70 – 0,75 mm. Alsó toklászai igen gyenge erűek (Király et al, 2009). Biztonságos azonosításához érdemes a füzérke jellemzőit is vizsgálni, speciális nagyítású mikroszkóppal, mely munka megfelelő szakembert valamint gondosságot igényel (Nagy, 2015).



12. ábra: *Panicum riparium* intenzív fertőzése kukorica állományban (Forrás: Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Kormányhivatal Növény-és Talajvédelmi Igazgatósága)

3.2.3 A parti köles (*Panicum riparium* L.) nevezéktana és taxonómiája

A *Panicum capillare* fajkomplex a *Panicum* szekcióba tartozik, melyet többféleképpen is felosztanak. Közép-Európában a morfológiai bélyegek alapján (Scholz, 2002) több faj is

elkülönítésre került, míg az angolszász taxonómusok inkább alfajként, vagy változatként azonosították a fajokat (Clements et al, 2004; Freckmann és Lelong, 2003; 2007).

A *Panicum riparium* fajt elsőként Németországban, az Elba völgyében írták le (Scholz, 2002). Későbbi kutatások bizonyították, hogy a *P. barbipulvatum* faj elnevezése is a *P. riparium* szinonimája (Amarell, 2013a, b). Bár több kutató már korábban elfogadta a *P. barbipulvatum* nevet (Hohla, 2006; Verloove, 2014), az európai nevezéktanban még nem terjedt el, mivel a genetikai vizsgálatokat még nem végezték el.

3.3 A *Panicum* szekcióba tartozó kölesfajok csírázásbiológiája

A hazánkban található köles fajok egyéves fejlődésűek, és a C4-es típusú növények közé sorolhatóak. Meleg időben nem szüntetik meg az asszimiláták képzését, hanem azonos intenzitással képezik azt tovább (Pethő, 1993). A szekcióba tartozó köles fajok magprodukciója rendkívül magas, a növényenkénti bugák száma 154-305 között változik (Eberlein et al, 1990). Eberlein és munkatársai az Egyesült Államokban végzett kutatásaik alapján, melyben a különböző biotípusok magprodukcióját vizsgálták, a termesztett köles (*P. miliaceum*) növényenkénti magprodukcióját 48000 db-ban állapították meg.

A termesztett köles (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*) tetraploid ($2n=36$) önbeporzó növény. Tenyészideje rövid (60-90 nap), a szélsőséges körülményeket nagyon jól tűri. Fehérjetartalma viszonylag magas, 10-11%. A szemre jellemző, hogy a csírapajzs vápája rövidebb a szemtermés hosszának felénél (Schermann, 1967).

A frissen beérett köles magvak vitalitása nagy (90% feletti), csírázási viselkedésükben viszont fajonként eltérőek.

A termesztett kölesnek gyakorlatilag nincsen megnyugalmi állapota, a szemek 30 napos utóérést követően közel 100 %-ban csíráznak (Csala, 1975; Eberlein et al, 1990; Czimer és Hartmann, 2006). A szemtermések kis részénél (5-8%) előfordulhat szekunder dormancia, mivel a toklászok olyan erősen ölelik körül a magvakat, hogy a csírázáshoz szükséges nedvességet nem képes a mag felvenni. Ilyen esetben a magvak csak akkor csírázhatnak, ha a toklászok már kellőképpen fellazultak ahhoz, hogy át tudják engedni a nedvességet (Czimer és Hartmann, 2006). Williams és Harvey (2002) megfigyelései alapján, ha egy területen folyamatosan meg tudnánk akadályozni a kölesfajok magképzését, akkor is legalább 9 évre lenne szükségünk, hogy a gyommagkészlet kimerüljön. Viszont a talaj felszínére és a felső rétegekbe kerülő magvak egy év után teljesen kiürülnek a talajból (Colosi et al, 1988). A *P. miliaceum* faj- és fajtakomplex perzisztenciájához hozzájárul az a morfológiai sajátosság,

hogy a sötétebb színű magvak maghéja vastagabb, így esetükben a vízfelvétel, így a csírázás is jóval lassabban zajlik le, mint a világosabb színűeknél. Az ilyen magvak akár 5 évig is életképesek maradnak a talajban (Khan et al, 1996).

A *subsp. agricola* illetve a *subsp. ruderales* alfajoknál megfigyeltek 6-8 hetes magnyugalmi állapotot. Striegel és Boldt (1981) szerint a kölesfajok magnyugalmi állapotát a száraz körülmények között 6-9 hétig tartó utóérlelés szünteti meg fokozatosan. Korábbi kutatások bizonyították, hogy a termesztett köles törzsalakjának (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) napjainkban nem jelentős a gyomosító szerepe. A talaj felszínére illetve a sekélyebb talajrétegekbe került friss magvak egy éven belül kiürülnek a talajból (tranzit magbank). Ez a törzsalak „túlélése” szempontjából kedvezőtlen tulajdonság (Colosi et al, 1988; Czimer és Hartmann, 2006). Ugyanakkor a másik két alfaj (*P. miliaceum* subsp. *agricola* és *P. miliaceum* subsp. *ruderales*) gyomosító szerepe jelentős (Magyar és Király, 2012; 2014).

A köles nemzetség fajai melegigényesek, szántóföldön 10 °C-os talajhőmérsékletet igényelnek a csírázáshoz. A talaj felmelegedését követően fajoként eltérő időben, a kukoricával egyidőben, vagy a kukorica vegetációs idejében, egész évben csírázhatnak (Czimer és Hartmann, 2006; Bough és Cavers, 2009). A *P. miliaceum* csírázásához 10 °C körüli talajhőmérséklet és a súlyának 20-30 %-át kitevő mennyiségű víz szükséges (Láng, 1965). Optimális csírázási hőmérséklete laboratóriumi körülmények között Trivedi (2010) szerint 27-34 °C), viszont az Egyesült Államokban Baskin és Baskin (1985) bebizonyította, hogy a legintenzívebb csírázás 20/35 °C alternáló hőmérsékleten zajlik.

A termesztett köles magvai sötétben és fényben is jól csíráznak, de a fény serkentőleg hat a csírázásra (Béres és Puchla, 1993; Hunyadi és Mike, 1998). Továbbá Béres (1993) megállapította, hogy a csírázást befolyásoló egyéb ökológiai tényezőkhez (pH, szárazságstressz) is jól alkalmazkodik.

A termesztett köles (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) magvai a talajfelszín közeléből képesek tömegesen kelni, az átlagos kelési mélység 2,5 cm (Bough és Cavers, 2009). Mivel a gyomköles (*P. miliaceum* subsp. *ruderales*) magtömege jelentős, talajtípustól függően akár 12-17 cm-es mélységből is életképes csíranövények fejlődhetnek (Trivedi, 2010). A sekélyebb rétegekből csírázó magvak általában 5 nap alatt kelnek, mélyebb rétegekből akár 10-14 napra is szükség lehet az első csíranövények megjelenéséhez (James et al, 2010).

Erősen csapadékos tavasszal a mélyebb rétegekben elhelyezkedő magvak is csírázásnak indulnak, ezzel elnyújtva a kelési időszakot (Csala, 1975). James és munkatársai (2010) megfigyelték, hogy természetes (és optimális) körülmények között bármilyen talajbolygatás után néhány napon belül bekövetkezik a kelése. Kompetíciós hatás nélkül növekedése

rendkívül erőteljes és gyorsan lezajló (Carpenter és Hopen, 1985), viszont erős stresszhatásra, illetve kései kelésre lerövidített életciklussal reagál (James et al, 2010).

Virágzása a csírázást követően már a 30. naptól megkezdődhet, virágai folyamatosan nyílnak, ennek megfelelően a magok képződése is elhúzódik (Reddy et al, 2007).

A kölesfajoknak a magvak terjesztésében nincs speciális stratégiájuk, a magvak az anyanövény közvetlen közelében hullanak le. Magvai terjedésében főként az emberi tényező játszik szerepet, rövidtávon a talajművelő és betakarító gépekkel szállítjuk a táblán belül illetve a táblák között (Csala, 1975; Westra, 1990; Bough és Cavers, 2009). A köles magokkal szennyezett vetőmag és a szervesstrágya is hozzájárul elszaporodásához (Salisbury, 1964; Westra, 1990). A magvak hosszútávú terjesztésében elsősorban a víz játszik szerepet (Kelley és Bruns, 1975).

A *Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* csírázásbiológiájára irányuló kutatások megállapították, hogy a frissen begyűjtött szemeknek erős dormanciája figyelhető meg, ami viszonylag rövid idő alatt (kb. 4 hét) megszűnik. A magvak fényben és sötétben is egyaránt jól csíráznak. Rendkívül magas a csírázási hőoptimuma, a hazánkban előforduló köles fajok között a legmagasabb. Korábbi szabadföldi tenyészedényes kísérletek megállapították, hogy a talajba került magvak csak 13,5 %-a csírázott ki. Ez bizonyítja azt a feltevést, hogy a talajban maradt magvak viszonylag hosszan megtartják életképességüket, így a talaj perzisztens gyommag készletét erőteljesen képesek gyarapítani (Magyar et al, 2013). A csírázás dinamikai vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a többi nyárutói egyéves (T4) növényvel ellentétben a magas hőoptimuma miatt később csírázik így tömeges kelésére május vége június elején kell számítani. Ez merőben megnehezíti az ellene való hatékony védekezést és egyúttal elősegítheti további gyors terjedését is. Ez gyakorlati szinten azt jelenti, hogy a herbicid hatás elmúltával zavartalanul fejlődhet. Legmegfelelőbb védelmet a mechanikai gyomirtás adhat, ha erre van lehetőség (Nagy et al, 2012).

Ha nincs versenytársa, akkor a *Panicum riparium* akár 100.000 darab magot is érlelhet növényenként, így rövid időn belül jelentős magmennyiséggel töltheti fel a talajt. Korábbi vizsgálatok alapján elmondható, hogy a *P. riparium* magbank viselkedésében ún. „kockázat elosztó stratégiát” követ. Ezzel a stratégiával hosszú távon biztosítani tudja fennmaradásukat az adott szántóföldi területen (Kazinczi et al, 2013; Magyar et al, 2013).

3.4 A magasabb rendű növények közötti kölcsönhatások

3.4.1 A kompetíció

A növények közötti versengés vagy kompetíció jelensége már évezredek óta ismert az emberiség előtt. A növények közötti kompetíció folyamatát Clements (1929) definiálta, miszerint: „A kompetíció tisztán fizikai folyamat. Két növény, bármilyen közel is legyen egymáshoz, mindaddig nem verseng egymással, amíg a víz, tápanyagkészlet és a fény mindkettő szükségletét meghaladja. Amikor közvetlen ellátás egyetlen szükséges tényezőtől a növények együttes szükséglete alá csökken, megkezdődik a versengés”.

A kompetíció lehet, fajon belüli (intraspecifikus), fajok közötti (Interspecifikus), genotípusok közötti (intergenotypic) és genotípuson belüli (inragenotypic) versengés. Illetve lehet növényegyeden belüli (intraindividuális) kompetíció, amely az élő fajok között jelentős. Ez például a selyemkóró (*Asclepias syriaca*) esetében a hajtások és a szaporítógyökerek rügyeinek vízért való kompetíciójában mutatkozik meg és jelentős tényező a szaporítógyökereken lévő rügyek dormanciájában.

A biztonságos és eredményes növénytermesztés érdekében nélkülözhetetlen a gyom és kultúrnövény közötti kompetíció ismerete (Hunyadi et al, 2011). A kompetíció során kialakuló dominancia viszonyok kialakulásában meghatározó szerepe van a növények élettani sajátosságainak, mint a fejlődésdinamika, víz és tápanyagfelvétel vagy a fotoszintetikus produktivitás stb. (Lehoczky és Reisinger, 2003). A kultúr- és gyomnövények közötti interspecifikus kompetíció vizsgálata lehetőséget nyújt a hatékonyabb gyomirtási stratégiák kidolgozására (Pozsgai et al, 1982). A gyomnövények és a kultúrnövények társulásában a gyomnövények jelentős mértékben képesek elnyomni a kultúrnövények növekedését és fejlődését így tetemes mennyiségi és minőségi termés veszteséget okozni. A növények közötti versengés mindaddig nem lép fel, amíg a növények fejlődéséhez minden szükséges erőforrás rendelkezésre áll az adott területen. Tehát minden kultúrnövény képes egy bizonyos ideig tolerálni a gyomnövényeket. Ha ezen időtartam után a gyommentességet biztosítunk a kultúrnövény számára akkor képes lesz elnyomni a később fejlődő gyomnövényeket (Hunyadi et al, 2011). A kultúrnövény gyomnövényekkel szembeni toleranciája annyiban nyilvánul meg, hogy képes eltérni vagy kivédeni a gyomok által okozott kártételt anélkül, hogy ez komoly termés kieséssel járna. Az ellenállóképesség történelmileg a gyomirtás alapvető eleme volt, bár szerepe a szelektív herbicidek bevezetésével a 20. század közepén csökkent. Az

elmúlt két évtizedben megújult az érdeklődés a versenyképesség teljesebb kiaknázása iránt, hogy csökkentsük a rosszul kivitelezett illetve felesleges gyomirtás kockázatát (Callaway, 1992; Lindquist és Mortensen, 1998). A közelmúltban végzett felmérések szerint a hagyományosan kezelt kukoricaföldek 57% -a szenvedett termés kiesést gyomnövények következtében annak ellenére, hogy a gyomirtás terén nagymértékben támaszkodtak a herbicidekre (Williams et al, 2008b). A herbicid-rezisztens gyomnövények egyre gyakoribb előfordulása és a biológiai gazdálkodás terén, több kultúrában is komoly figyelem irányul a versenyképesség fejlesztésére és kiaknázására. Több szántóföldi kultúrában jelenleg is komoly fejlesztések zajlanak, hogy jobb kompetíciós képességgel rendelkező kultúrnövényeket (búza, rizs, szója) nemesítsenek ki. (Jannink et al, 2001; Lemerle et al, 2006; Zhao et al, 2006).

Egyes kukoricahibridek versenyképessége eltérő. Takarmánykukoricában, amelynél szignifikánsan több kutatás történt, mint az édes kukoricánál, számos szerző azonosította azokat a morfológiai jellemzőket, ideértve a növény magasságot, a lombkorona sűrűségét (Lindquist és Mortensen, 1998), a levélállást (Sankula et al, 2004), a lombkorona záródási arányát és a maximális levélterület-indexet (Lindquist et al, 1998) melyek hozzájárulnak a termesztett kultúra versenyképességéhez. A gyomosodás befolyásolhatja bizonyos növekedési jellemzőket, például a magasságot (Cavero et al, 2000; Maddonni et al, 2002) és a levél tájolását (Maddonni et al, 2002). Ezen túlmenően a gyomnövények pusztai jelenléte és nem az erőforrásokkal való közvetlen verseny befolyásolhatja a növények növekedését. Rajcan és munkatársai (2004) megállapították, hogy még alacsony gyomsűrűség mellett is megfigyelhetők különbségek a csemegekukorica hibridek reakciójában a gyomnövényekkel szemben (Williams et al, 2006; 2008a).

Azt az időtartamot, amely alatt a kultúrnövények számára biztosítani kell a gyommentes állapotot, hogy az ebből adódó mennyiség és minőségi termésvesztés elkerüljék, kritikus kompetíciós periódusnak nevezzük (Nieto et al, 1968). A szántóföldi kultúrnövényeink közül a kukorica közepes gyomelnyomó képességgel rendelkezik. Tág térállása és a kétszikű fajokhoz (pl. napraforgó) képest viszonylag kis levélfelülete miatt fejlődésének kezdetén különösen érzékeny a gyomosodásra. A kritikus kompetíciós periódus időtartama és a versenyképesség között negatív korreláció van, vagyis a hosszú kritikus kompetíciós periódussal rendelkező fajoknak gyenge a kompetíciós képessége (például vöröshagyma, len), ahol ez a periódus rövidebb, azok a fajok viszonylag jó versenyképességűek (például gabonafélék, napraforgó, kukorica). A kukorica szükséges gyommentes periódusának hossza

3 hét. A tolerálható gyomversengés hossza, vagyis amíg jelentős termésveszteség nem lép fel, 6 hét.

A gyomszabályozást túlélő gyomnövények általában kis fajgazdagsággal rendelkeznek, emiatt borításuk is sokkal jelentősebb. A termesztett köles gyomosító változatairól (subsp. *miliaceum*, *ruderales* és *agricola*) illetve az új, invazív kölesfajok (*P. riparium*, *P. dichotomiflorum*) kompetíciójáról még kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre. A termesztett köles (*Panicum miliaceum*) például csemegekukoricában az egyik leggyakoribb gyomnövény (Williams et al, 2008b) és számos más kertészeti és szántóföldi kultúrában okoz komoly problémát (Harvey és Porter, 1990). Wilson, 1993).

Warwick és Thompson (2011) kutatásai alapján a sötétebb maghéjú változatok inter- és intraspecifikus kompetíció szempontjából is erősebb kompetítorok, mint a világosabb maghéjú, termesztésben lévő változatok.

Wilson és Westra (1991) tapasztalatai alapján a termesztett köles rendkívül erős kompetítora a kukoricának. Amennyiben a kukorica állományban a kelés időpontjától 10 db/m²-nél több *P. miliaceum* található, az 11-22%-os termés kiesést okoz, és amennyiben a köleseket nem távolítjuk el két héten belül, a termés kiesés további 10%-os termés kieséssel számolhatunk, 6 hetes késéssel számolva további 16-28%-os termés kiesés várható.

Csemegekukorica termesztésében is jelentős problémákat okoz a *Panicum miliaceum* fajkomplex, So és munkatársai (2009) szerint a hosszabb tenyészidejű fajták képesek csak tolerálni a gyomosító változat jelenlétét

A kukoricával egy időben csírázó köles, ha az egyedsűrűsége elég nagy, komoly károkat tud okozni (Pásztor és Nádasyné, 2016). Képes akadályozni a kukorica fejlődését, biomassza termelését, a kultúr- és gyomnövény között inter- és intraspecifikus kompetíció tapasztalható (Pásztor és Nádasyné, 2015).

3.4.2 Az allelopátia

Szembetűnő jelenség, hogy a természetes növénytársulásokban egyes fajok képesek más fajok betelepülésének, elszaporodásának megakadályozására. Ezek a növények a velük egy közegben élő szomszédjaikra gyakorolt negatív hatása olykor olyan nagymértékű, hogy kizárólag a közös tápanyagforrásokért folytatott kompetícióval nem magyarázható. Az allelopátia elnevezést először Molisch (1937) vezette be a tudományba. A fogalom görög

eredetű, a „kölsönös” és a „ráhatás” szavakból származtatható. Az allelopatikus hatású növények a környezetükbe olyan kémiai vegyületek, úgynevezett allelokemikáliákat bocsátanak ki, melyek hatással vannak más növények életfolyamataira, csírázására, növekedésére, fejlődésére. (Hunyadi és Béres, 2000).

Egy átadó (donor) növénynek a befogadó (akceptor) növényre, allelokemikáliák révén kifejtett serkentő, vagy gátló hatásait értjük allelopatikus hatás alatt. (Rice, 1974). Mindez a folyamat a kémiai ökológia rendszer része az élő vagy elpusztult növényi szövetekben olyan vegyületek vannak jelen, amelyek a szomszédos növény növekedésére zavaró hatást fejtenek ki (Hunyadi, 1988). Egyes kutatók a serkentő hatásokat is allelopátiának nevezik (Rice, 1974; Mandava, 1985).

Ezeket a folyamatokat az különbözteti meg a többi negatív növényi kölcsönhatástól, hogy itt az átadó növény a káros vagy serkentő hatást vagy hatásokat sajátos, a donor fajra jellemző allelokémiai anyagok kibocsátásával fejt ki. A kutatások rámutattak, hogy ezek a kibocsátott anyagok főként másodlagos metabolitok, amelyek a növény életében nemcsak szekunder vagy úgynevezett speciális bioszintézis termékek, hanem funkcionálisan is aktív, a növény saját védekező mechanizmusában szerepet játszó kémiai vegyületei (Szabó, 1994).

Jelenleg a világon az allelopátiakutatások három fő téma köré csoportosulnak:

- természetes növénytársulások tanulmányozása
- gyomnövény – kultúrnövény kölcsönhatások
- allelokemikáliák azonosítása, kémiai jellemzése, hatásmechanizmus-vizsgálatok (Macias et al, 2004).

Allelokemikáliák

Az allelokemikáliák a növény egészében jelen vannak, így kimutathatók a szárakban, a levelekben, a gyökerekben, a virágokban, a termésekben és a magvakban is. (Hunyadi et al, 2000).

- Külön a szárak allelopátiáját viszonylag kevesen vizsgálták, ám bizonyos esetekben ezek a részek okolhatóak a toxicitás fő forrásaként (Gottshall et al, 1949; Nickel, 1960; Solymosi, 1996).
- A kutatások alapján a levelek számítanak a leggyakoribb inhibitorforrásnak. Sok vizsgálat mutatott ki a levelekből allelopatikus anyagokat (Osborn, 1943; Rasmussen és Rice, 1971; Béres, 1983; Kazinczi et al, 1991; Szabó, 1994; Solymosi, 1996).
- Sokan vizsgálták a gyökerek inhibitortartalmát is (Robinson, 1972; Kazinczi et al, 1991; Béres és Csorba, 1992).

- Bizonyossá vált, hogy sok növény virága is allelopatikus anyagok tömény koncentrációját tartalmazza (Gottshall et al, 1949; Vietiez és Ballester, 1972).

- Több kutatás kimutatta a termésekben és a magvakban is a csírázásgátló anyagok jelenlétét (Fottrell et al, 1964; Gressel és Holm, 1964).

Látható, hogy a számos vegyülettípus direkt és indirekt módon is számos folyamatra hathat. A közvetlen hatások közül a fenolsavak például csökkentik cirokban a foszfor, a kálium és a magnézium szintet, ami a magtermés mennyiségi és minőségi romlásához vezet. Ezen felül a fenolsavak a vízháztartásra is negatív hatás fejtenek ki a magcirokban és a szójában (Kobza és Thesis, 1980) vizsgálatok kimutatták, hogy a polifenolok semlegesítik a giberellin hormon hatását (Jakobson és Corcoran, 1977).

Mindig figyelembe kell venni, hogy a hatás mértéke leginkább egy-egy bioaktív hatóanyagcsoport koncentrációviszonyaitól függ (Hunyadi et al, 2000).

Az allelopatikus vegyületek többféle módon juthatnak ki a növényekből:

- Párolgás

A növények párologtatása során is felszabadulhatnak toxikus, illékony allelokemikáliák, például a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) esetében (Neil és Rice, 1971). Ezek a vegyületek a harmatban és a csapadékban oldva jutnak a környező növényekre vagy a talajba ahol gyökereken keresztül szívódnak fel.

- Gyökerek általi kiválasztás

Számos kultúr- és gyomnövény választ ki a gyökerein keresztül szerves vegyületeket. A termesztett fajok közül például a búza (*Triticum aestivum* L.), a zab (*Avena sativa* L.), a kukorica (*Zea mays* L.), a borsó (*Pisum sativum* L.) (Bonner és Galston, 1944), a gyomok közül pedig a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) vagy a pirók ujjasmuhar (*Digitaria sanguinalis* L.) (Rice, 1968).

- Kimosódás

A harmat illetve az eső közvetlenül a növény föld feletti részeiből, elsősorban a levelekből is kioldhatja az allelopatikus anyagokat. (Tukey, 1971) Ilyen kimosódtó, növekedésgátló inhibitorokat tartalmaz például a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) (Wilson és Rice, 1968) és a selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medic.) (Colton és Einhellig, 1980).

- Növényi maradványok elbomlása

Az elhalt növényi anyagok lebontása mikroorganizmusok közreműködésével zajlik le. Jelenleg még kérdéses, hogy a lebomlás során keletkező allelopatikus vegyületek közvetlenül a növényi maradványokból oldódnak-e ki, vagy talán a mikroorganizmusok lebontó

tevékenysége során alakulnak át gátló anyagokká, ahogyan azt a búzaszalma maradványokon élő *Penicillium urticae* gomba patulint képző hatása bizonyítja (Nortstadt és Mccalla, 1963).

Az alábbi kultúrnövényeinkről bebizonyosodott, hogy lebomlásuk során növekedésgátló anyagok keletkeznek; búza és a zab (Börner, 1960), Napraforgó (Rice, 1968). Putnam és Defrank (1983) is arról számol be, hogy vizsgálataik szerint bizonyos növényi maradványoknak csírázáscsökkentő hatása van.

Hasonlóan jó a cirok, az árpa, a búza és a zab növényi maradványainak bizonyos gyomokra kifejtett gyomelnyomó hatása (Kommendahl et al, 1959; Steinsiek et al, 1982).

Az egyszikű kultúrnövények mellett sok gyomfaj is rendelkezik hasonló tulajdonságokkal, mint az *Apera spica-venti* (Kazinczi et al, 1997), *Avena fatua* (Tinnin és Mullec, 1971; Narwal, 1994), *Cynodon dactylon* (Oswald, 1950), *Digitaria sanguinalis* (Parenti és Rice, 1969; Mikulás et al, 1990). Ilyen fajok továbbá az *Echinochloa crus-galli* (Mizutani, 1996; Lin et al, 1998), *Elymus repens* (Friebe et al, 1995), *Setaria pumila* (Narwal, 1994; Saxena et al, 1996), *Sorghum halepense* (Abdul et al, 1967; Mikulás, 1981; Torma és Bereczkiné, 2004). A különböző köles fajok, alfajok allelopátiáját illetően nem állt rendelkezésre szakirodalmi adat, kevésbé kutatott témakörként tekintenek e területre.

3.5 A kölesfajok kártétele és a védekezés a köles nemzetségbe tartozó gyomfajok ellen kukoricában.

Kártételüket tekintve a köles fajok kukoricában képesek előidézni a legnagyobb termésveszteséget. Ezen megállapítás alátámasztja az a tény is, hogy köles fajok életmódja a kukoricához hasonló, csírázásuk egybeesik a kukoricával illetve utána kelnek, ami szintén megnehezíti a védekezést (Hunyadi, 1988). Czimber és Hartmann (2006) A gyomnövény fajokra kidolgozott a különböző értékmérő tulajdonságok alapján egy úgynevezett veszélyességi indexet, mely alapján a köles veszélyességi indexe magas 7,16 értékű a 10-es skálán. Kelési időszakban fele annyi nedvességet igényel, mint egyéb gabonanövények (búza, árpa, rozs, zab, kukorica). A transzspirációs együtthatója is jobb a kezdeti fejlődési időszakban, mint a kultúrnövényeké (Bocz et al, 1992). Ez az az időszak, amikor a kukorica a legérzékenyebb a köles fajok jelenlétére (Novák et al, 2011). Az Amerikai Egyesült Államokban köles és kukorica öntözött körülmények közötti kölcsönhatását vizsgáló kísérletek szerint a kukoricával együtt kelő köles 10 növény/m² borítottság mellett 13-22% termésveszteség képes előidézni a kukoricavetésekben (Wilson és Westra, 1991). A köles

tápanyagtartalmára vonatkozó mérésekben kimutatták, hogy a köles magas tápelemtartalma azt bizonyítja, hogy makrotápelemek tekintetében igen erős kompetitornak bizonyul. Ezen tények ismeretében a védekezési küszöb a köles 3-5%-os borításánál indokolt (Novák et al, 2009).

A köles fajok biológiáját (morfológia, csírázóképeség stb.) kell még alaposabban megismerni ahhoz, hogy az integrált növényvédelmi szempontok alapján megfelelő védekezési stratégiákat lehessen kidolgozni (Magyar, 2014).

A termesztett köles (*P. miliaceum*) korábban ismert alfajai (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) ellen jól kidolgozott növényvédelmi technológiával rendelkezünk, mely pontosan beilleszthető a kukorica gyomszabályozásába. Komoly problémát jelentenek az új kölesfajok (*P. riparium*, *P. dichotomiflorum*), valamint a terjedő *P. miliaceum* subsp. *ruderales* alfaj, melyek morfológiai tulajdonságai már leírásra kerültek, és herbicidérzékenységük is vizsgálat alatt áll. Az eddigi eredmények bizonyítják, hogy az új fajok és alfajok herbicidérzékenysége rendkívül változatos, így az új gyomszabályozási technológiák kidolgozása még folyamatban van.

A védekezéshez fontos tudnunk, hogy a termesztett köles (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) magja a talaj felszínére jutva, mélyebb rétegekbe forgatás nélkül csak rövid ideig őrzi meg csírázóképeségét. Amennyiben magérlelését meg tudjuk akadályozni, 2-3 év alatt teljesen eltűnhet a területről (Colosi et al, 1988).

A *P. riparium* faj elleni védekezés rendkívül nagy körültekintést igényel, felszaporodása hazai irodalmak alapján nagyban köszönhető a monokultúrás kukoricatermesztésnek, valamint az egyoldalú, HPPD-gátlók csoportjába tartozó hatóanyagok használatának (Nagy, 2015). A hatóanyagcsoportra a parti köles nem érzékeny, ezért folyamatos használatával az folyamatosan kiszelektálódik és felszaporodik (Nagy, 2015).

A védekezési lehetőségeket az integrált növényvédelem alapszabályait figyelembe véve a következőkképp szükséges alkalmazni:

Agrotechnikai módszerek

A kukoricát a szakmai ajánlásokkal ellentétben a gazdálkodók egy része (főként a kisebb területen gazdálkodók) továbbra is monokultúrában termeszt. A helyes gazdálkodási gyakorlat a monokultúra alkalmazását nem teszi lehetővé, továbbá a *Panicum* szekcióba tartozó fajok terjedését és felszaporodását ez a gazdálkodói gyakorlat nagyban elősegíti.

Az erősen fertőzött területeken célszerű könnyen bokrosodó, kisebb sortávú növényeket termesztetni. Kukorica esetén a nagy tőszámmal vethető silókukorica termesztése ajánlott (Novák et al, 2009).

A *P. riparium* esetében az agrotechnikai védekezés részben kivitelezhető, például gyors kezdeti fejlődésű kukorica hibridek használatával (Nagy, 2015).

Mechanikai módszerek

Ha a monokultúra felszámolását kiegészítjük megfelelő mennyiségű és minőségű talajműveléssel (tarlóhántás), és korán betakarítható fajtákat, hibrideket termesztünk, nagyon jó hatékonysággal tudjuk gyéríteni a köles populációt. Az erősen fertőzött területeken célszerű olyan kultúrnövényt vetni, melyek könnyebben bokrosodnak, kisebb sortávúak, illetve kukorica esetében nagyobb tőszámmal vethető silókukoricát érdemes termelni. Ilyen körülmények között a köles fejlődésben visszamarad, magprodukciója jelentősen csökken (Novák et al, 2009).

Őszi gabona betakarítása után, amennyiben a tarlókezelés elmarad, az erősen fertőzött földeken tömegesen kezd csírázni a köles, és nagy mennyiségű magot érlel. Ennek oka, hogy a korai betakarítás időpontja közel azonos a termesztett köles másodvetésének időpontjával, hiszen az ekkor vetett köles még beérleli termését a termesztéstechnológiai adatok alapján (Novák et al, 2009).

Kémiai védekezés

Kémiai védekezést is alkalmazhatunk, de tartsuk szem előtt a herbicid kiválasztásakor, hogy korábban a túlzott és egyoldalú herbicid használat vezetett nagymértékű elterjedéséhez.

A kukorica herbicides gyomszabályozása rendkívül összetett feladatnak bizonyul a klóramino-triazinok kivonása óta. A technológiák száma is rendkívül magas, preemergens hatóanyagokat is használhatunk, valamint a posztemergens kezelések is több csoportra lettek felbontva, ez alapján a kukoricában szögcsíra állapottól kezdve végezhetünk posztemergens kezeléseket, egészen addig, míg a posztemergens kezeléseket a növény magassága lehetővé teszi. Ezért jelenleg országszerte legnagyobb mértékben a posztemergens technológiák elterjedtek.

A különböző kölesfajok és alfajok elleni védekezésre ma már több hatóanyagcsoport is rendelkezésre áll, valamint folyamatosan zajlik a potenciális hatóanyagok vizsgálata.

1. Táblázat: A természetett köles elleni védekezéshez használható legfontosabb hatóanyagok (Kádár, 2019).

dimetenamid-p és kombinációi	pre	érzékeny
izoxaflutol és kombinációi	pre	érzékeny
pendimetalin	pre	érzékeny
petoxamid	pre	mérsékelten érzékeny
s-metolaklór	pre	érzékeny
cikloxidim	poszt	érzékeny
dimetenamid-p és kombinációi	poszt	érzékeny
foramszulfuron és kombinációi	poszt	érzékeny
izoxaflutol és kombinációi	poszt	érzékeny
klórmezulon	poszt	érzékeny
mezotrion	poszt	mérsékelten érzékeny
mezotrion kombinációi	poszt	érzékeny
nikoszulfuron	poszt	érzékeny
petoxamid	poszt	mérsékelten érzékeny
rimszulfuron és kombinációi	poszt	érzékeny
tembotrion és kombinációi	poszt	érzékeny

A preemergens hatóanyagok közül (1. Táblázat) az izoxaflutol ismétlődő csapadék esetén még a kikelt kölest (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) is visszaszorítja (Czímber és Hartmann, 2006). Preemergensen használható még a mezotrion és a pendimetalin-dimetenamid kombináció is.

A köles (*P. miliaceum* fajtakör) a keskenylevelű gyomok közé sorolható. A szőrös, kedvező állású levelein a posztemergens gyomirtószerek azonban kitűnően megtapadnak. A kutikula átjárhatósága jó. A jelenleg ellene alkalmazható szerek egyikével szemben sem alakult ki rezisztencia. A kérdéses esetekben csupán az aludozírozás vagy az adalékanyag elhagyása

okozta a gyengébb hatást. Gyakori hiba, hogy a gyomirtó szert gyökérváltás utáni, túlfejtett kölesre alkalmazzák (Czimer és Hartmann, 2006).

A posztemergens kezelések esetén a csapadék hatáscsökkentő is lehet. Ma már ismertek olyan posztemergensen alkalmazandó szerek (foramszulfuron), melyek, ha legalább 2 óráig nem esik a kezelés után, kifogástalanul kifejtik hatásukat. Leggyakrabban alkalmazott hatóanyagok a szulfonil- karbamidok közül a rimszulfuron és a nikoszulfuron, HPPD-gátlók közül a szulkotrion és a tembotrion. A rimszulfuron és a nikoszulfuron használata szigorú technológiai fegyelmet igényel, ugyanis csak a köles 3 leveles koráig alkalmazható hatásosan. A foramszulfuron és a szulkotrion 5 leveles állapotban is hatékony köles ellen. A tembotrion viszont az 5 levelesnél idősebb köles ellen is alkalmazható. A szulfonil- karbamidok alkalmazásánál figyelni kell arra, hogy 25°C felett hatása gyengül, a kukoricát károsítja, a köles viszont nehezebben veszi fel (Magyar et al, 2011).

Ha megfelelő időpontban juttatjuk ki ezeket a szereket, akkor a kukoricával egy időpontban tömegesen kelő, „gyepet” alkotó kölest sikeresen elpusztítják. Osztott kezeléssel alkalmazhatjuk ugyanezeket a hatóanyagokat (kivételem ez alól a szulkotrion, mely hatóanyagú szerek osztott kezeléssel való kijuttatása nem engedélyezett), a május második felében kelő köles ellen.

A parti köles elleni herbicides védekezés még megoldásra váró feladat, viszont korábbi kísérletek (Nagy, 2015) ígéretes eredményeket mutatnak. A parti köles esetében a HPPD-gátlók csoportja egy hatóanyag kivételével hatástalannak bizonyult, viszont a topramezon hatóanyag korai poszt kezelésben kijuttatva hatékony a faj ellen (a hatáskifejtés nagyban függ az évjáráthatástól és az időzítéstől is).

2. Táblázat: A *P. riparium* ellen hatékonyságot mutató herbiciek (Nagy, 2015; Kádár, 2019)

Hatóanyag	Alkalmazás ideje	Gyomirtó szerekkel szembeni viselkedése
topramezon	korai poszt	mérsékelten érzékeny
izoxaflutol	pre	érzékeny
foramszulfuron	poszt	érzékeny
nikoszulfuron	poszt	érzékeny

A parti köles elleni posztemergens védekezés is jelenleg megoldandó probléma, a természet köles fajcsoportba tartozó fajok ellen hatékony herbicidok kis százaléka bizonyult hatékonyak (2. Táblázat).

3.6 A gyomnövények természetes vírushordozottsága, és szerepe a vírusbetegségek terjesztésében.

A különböző gyomnövények nem csak gazda- és tápnövényei a vírusbetegségeknek, de nagyon fontos szerepet játszanak a vírusok ökológiájában és epidemiológiájában (Kazinczi, 2004).

Rendkívül fontosak azok a gyomnövények, melyek a termesztett kultúra tenyésztésidőszakán kívül is jelen vannak, mivel folyamatos fertőzőforrásként jelentkehetnek. További veszélyforrás a szántóföldek környékén jelen lévő gyomflóra, melyről a gyakorlatban a termelők gyakran tudomást sem vesznek. Amennyiben a szántóföldek környezetében illetve a tenyésztésidőszakon kívül figyelmen kívül hagyjuk a gyomnövények jelenlétét és szaporodását, évjáráttól függően akár jelentős termés kieséssel is számolhatunk (Roshan et al, 2009).

3.6.1 A legfontosabb gabonapatogén vírusok Magyarországon, és az ellenük való védekezési lehetőségek

Rozsnok mozaik vírus (*Brome mosaic virus, BMV*)

A rozsnok mozaik vírus a *Bromoviridae* család, *Bromovirus* nemzetségbe tartozik (Sutic et al, 1999). Először McKinney és munkatársai (1942) írják le a rozsnok mozaik vírust (*Brome mosaic virus, BMV*), mely elsősorban fűféléket fertőz. Hazánkban 1986 óta ismert (Szirmai, 1967).

A pázsitfűfélék családjából kiterjedt gazdanövénykörrel rendelkezik. A vírusreplikáció először az endoplazmatikus retikulumban és a sejtmag-hártyában zajlik le, majd a vírus a citoplazmát fertőzi. A fertőzött növényben zárványok alakulnak ki (Lane, 1974; Horváth és Gáborjányi, 1999). A rozsnok mozaik vírus a pázsitfűfélékre mechanikailag könnyen átvihető. A gabonafélékben is komoly károkat okozhat a fertőzött gyomnövényekből kiindulva. (Pocsai, 1986). A kórokozó tüneteként a leveleken sárgás foltok, csíkok és mozaiktünetek alakulhatnak ki (Pribék et al, 2005). A levélfoltosságot legtöbbször levélszáradás követi. A vírus levélbogarakkal (*Oulema sp.*) is terjedhet. Laboratóriumi körülmények között fonálférgekkel (*Xiphinema sp.*) is átvihető. Szerológiai kimutatható (Horváth et al, 1995). A leghatásosabb védekezés a vektorok elleni előrejelzésre alapozott növényvédelmi beavatkozások alkalmazása, rezisztens fajták termesztése illetve a gyomnövények irtása (Horváth et al, 1995).

Árpa csíkos mozaik vírus (*Barley stripe mosaic virus*, BSMV)

Az árpa csíkos mozaik vírust (*Barley stripe mosaic virus*, BSMV) a *Virgaviridae* család, *Hordeivirus* nemzetségbe tartozó multikomponensű RNS vírus (Horváth és Gáborjányi, 1999). Az 1950-es években izolálta Mckinney, annak ellenére, hogy 1910 óta ismert volt. (Mckinney, 1951). Hazai előfordulásáról először Milinkó és Remete (1984) számolt be. A replikációja a citoplazmában zajlik. A fertőzött sejtek torz kloroplasztiszokat fejlesztenek (Jackson és Lane, 1981; Milinkó és Remete, 1984; Habili et al, 1987). A vírus 20 törzse a gazdanövényeken okozott tünetek típusa és erőssége alapján jól elkülöníthető. (Fischl, 1991). A vírusfertőzés iránt elsősorban az árpa fogékony, de fertőződhet a búza, zab, rozs, köles, kukorica, cirok és számos pázsitfűféle is (Fischl, 1991). A fertőzés kezdetét szürke elszíneződés, foltok jelzik (Horváth et al, 1995). A beteg növény a fejlődésben visszamarad, levelei felállóak, merevek. Nem ritka a kalászcsonkítás, a gyenge fejlődésű növények termésvesztése a 76%-ot is elérheti. A vírusfertőzés legfontosabb terjesztője a vírusfertőzött mag (Milinkó és Remete, 1984). Szerológiai módszerekkel kimutatható. A védekezés rezisztens fajták használatával és egészséges állományból származó vetőmaggal történik (Horváth et al, 1995).

Rozsnok csíkos mozaik vírus (*Brome streak mosaic virus*, BstMV)

A rozsnok csíkos mozaik vírus (*Brome streak mosaic virus*, BstMV) 1980 óta ismert. A *Potyviridae* család, *Tritimovirus* nemzetségbe tartozik, egyszálú, lineáris RNS vírus (Götz és Maiss, 1995).

A fertőzött növényekben zárványokat képez, melyek hengeres, forgókerék, ill. tőkerék formájúak és intracellulárisan helyezkednek el. A virionok viszont a fertőzött növények citoplazmájában találhatóak (Horváth és Gáborjányi, 1999).

A vírus elsősorban a pázsitfűféléket fertőzi. Gazdanövényei közé tartozik a búza, zab, rozs és árpa. A leveleken sárga klorotikus csíkok és foltok jelzik a kórokozó jelenlétét. Terjedését levélatkák (*Aceria tulipae*) is segíthetik, de mechanikailag is átvihető. (Milicic et al, 1982).

Árpa sárga törpeség vírus (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV)

Az árpa sárga törpeség vírus (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV) világszerte az egyik legnagyobb károkat okozó növényvírus (Rochow, 1977; Harrison, 1984). A *Luteoviridae* család, *Luteovirus* nemzetségébe tartozik. A virionok ikozaéder szimmetriával és 25 nm-es átmérővel rendelkeznek (Horváth és Gáborjányi, 1999; Miller et al, 2002).

Hazánkban először az őszi árpán Szirmai (1967) mutatta ki a jelenlétét. 1982-ben a vírus már országsszerte jelen volt. Gazdasági szempontból jelentős, Fejér megyében az őszi árpa vetések közel kétharmad része a bokrosodási stádium után kiszántásra került a vírusfertőzések miatt (Pocsai et al, 1983). A fertőzött növények levelein megfigyelhető aransárga elszíneződés, vörösödés és a törpeség a betegség jele. A sárgulás kezdetben a levelek csúcsi részén figyelhető meg, innen terjed szét az egész levélre. A növény gyökérzete és kalászhai fejletlenek (Horváth et al, 1995).

Elsősorban levéltetvekkel terjed perzisztens módon és a növények floém rendszerében található. A pozitív, egyszálú RNS-vírust vektorspecifikussága alapján különböző törzsekre osztották. Ezeket a törzseket ma már önálló vírusok. A vírus törzsek elnevezését a fő vektorként megjelölt levéltetűfajok kezdőbetűiből alkotják (*Rhopalosiphum padi* - RPV, *Rhopalosiphum maidis* - RMV, *Sitobion* (korábban *Macrosiphum*) *avenae* - MAV, *Schizaphis graminum* - SGV, *Rhopalosiphum padi* és *Sitobion avenae* - PAV) (Mumford, 2004). Az árpa magjával nem, de *Cuscuta campestris* magjával terjedhet (Horváth et al, 1995).

A széles gazdaspektrumú vírus, elsősorban a kiritkult gabona táblákban és a nemesítő telepeken fordul elő. Az árvakelések a legbiztosabb kiindulási pontjai a fertőzésnek (Milinkó és Remete, 1984). A vírus általában az őszi vetésű gabonákon telel át (Nagy és Milinkó, 1986).

Tünetei változatosságuk miatt könnyen összetéveszthetők a tápanyag hiányok és kedvezőtlen termesztési feltételek okozta károsodásokkal. A fertőzés következtében részleges sterilitás léphet fel, csökken a növényenkénti kalász szám, kisebb lesz a magok mérete és tömege, a fertőzött növények fogékonyabbá válhatnak a gombabetegségek iránt (Fischl, 1991).

Szerológiai módszerekkel a viaszérés kezdetéig kimutatható. A kórokozó elleni védekezésnél egyaránt fontos a termesztés során rezisztens fajták használata és a vírusvektorok elleni előrejelzésre alapozott inszekticidés védekezés (Horváth et al, 1995).

Búza törpülés vírus (*Wheat dwarf virus*, WDV)

A búza törpülés vírus (*Wheat dwarf virus*, WDV) 1961-ben vált ismertté (Vacke, 1961). Hazánkban először 1988-ban búzáról írták le (Gáborjányi et al, 1988; Gáborjányi és Bisztray, 1989). Az manapság a búza a leggyakoribb vírusbetege Dél-Magyarországon (Papp et al, 2012).

Az egyszálú DNS-vírus a *Geminiviridae* család, *Mastrevirus* nemzetségbe tartozik. Két törzse ismert, a búza és az árpa törzs, mindkettő a *Poaceae* családba tartozó növényeket fertőzi (Jezewska, 2001; Tóbiás et al, 2008). A kórokozóknak ikerpartikulumú virionjai vannak,

amelyekben a vírus genom kör alakú és egyszálú DNS molekulából áll. Az ikervirionok egyféle szekvenciájú DNS-t tartalmaznak, egyszerű strukturális fehérjeköpennyel (Pringle, 1998). A búza törzs esetében 2750 bázis, az árpa törzs esetében 2734 bázis hosszúságú. A genom 4 fehérjét kódol, amelyek két részre oszthatók (Guitierrez, 1999). A növények a fertőzés következtében törpülnek, sárgulnak, csokrosodnak. Barnás foltosság, a levelek kanalasodása és a kalászás hiánya jellemző (Gáborjányi et al, 1988). A tünetek könnyen összetéveszthetők az árpa sárga törpeség vírus (*Barley yellow dwarf virus*) által előidézett tünetekkel. A két vírus együttes fertőzése is gyakori (Szeőke et al, 2005). Meghatározására a szerológiai módszerek a legalkalmasabbak (Horváth et al, 1995).

A vírus kabócákkal terjed, cirkulatív módon (Horváth et al, 1995). A *Psammotettix alienus* hazánkban mindenütt előfordul, leggyakoribb kabócáink egyike (Sáringer, 1989).

A kórokozóval szembeni védekezésnél fontos a rezisztens növények használata, továbbá a vírusvektorok elleni inszekticid védekezés (Horváth et al, 1995).

Búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic virus, WSMV*)

A búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic virus, WSMV*) első leírója Mckinney (Brakke, 1971). A kórokozót Magyarországon Pocsai diagnosztizálta 1985-ben üvegházi körülmények között (Pocsai, 1985).

A pozitív RNS-vírus a *Potyviridae* család, *Tritimovirus* nemzetségbe tartozik. A virionok helikális szimmetriájúak és egy nagyobb köpenyfehérjét tartalmaznak. (Schweitzer és Kingsmore, 2001). A fertőzött sejtek citoplazmájában hengeres zárványok és aggregálódott virionok figyelhetők meg, valamint a replikáció is itt meg végbe (French és Robertson, 1994). A kórokozó gazdanövényköre csak az egyszikű növényekre terjed ki. A búzát, zabot, árpát, kukoricát is fertőzi (Horváth et al, 1995). A vírusfertőzés következtében a leveleken, jellegzetes szisztemikus mozaikszerű tünetek láthatók, amit a növények törpülése követ. A vírus mechanikailag és atkákkal (*Aceria tulipae*) is átvihető (Szeőke et al, 2005). Szerológiailag aktív, könnyen kimutatható (Horváth et al, 1995).

A kórokozó elleni védekezésnél fontos a rezisztens fajták használata és a vektorok elleni védekezés, valamint az egyszikű gyomgazdák irtása, későbbi vetés (Horváth et al, 1995)

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 Csírázásbiológiai vizsgálatok

Tanulmányoztuk e három kölesfaj és -alfaj két különböző magmintájának csírázását a hőmérséklet függvényében. A kísérletet a Pannon Egyetem Georgikon Karának Növényvédelmi Intézetében végeztük 2014-ben, laboratóriumi körülmények között.

A két *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* minta egy 1985-ös keszthelyi gyűjtésű, illetve egy 2013-as tarjáni minta, mindkét *Panicum riparium* magminta 2010-es gyűjtésű, Mérkről illetve Nagykállóról, valamint két 2010-es gyűjtésű *Panicum miliaceum* subsp. *rudemale* minta Keszthelyről illetve Pusztadobosról. A kölesmagokat a gyűjtést követően mélyfagyasztva tároltuk (-40 °C). A vizsgálat során 20 cm átmérőjű Petri-csészébe, dupla réteg szűrőpapírra helyeztünk 50-50 magot, fajonként és hőmérsékleti tartományonként 4 ismétlésben. A csíráztatási hőmérséklet 20, 25, 30 illetve 35 °C volt. A mintákat fűthető termosztátba helyeztük, majd két időpontban végeztünk értékelést. A harmadik napon vizsgáltuk a csírázási százalékot, majd a hetedik napon mértük a csíranövények hajtás- illetve gyökérhosszát. A statisztikai értékelés egytényezős varianciaanalízis volt, melyet Microsoft Excel szoftverrel végeztük.

4.2 A kölesfajok allelopátiájának vizsgálata

4.2.1. Laboratóriumi vizsgálatok

A 2015 évi vizsgálat során a termesztett köles (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*), a gyomköles (*Panicum miliaceum* subsp. *rudemale*) és a parti köles (*Panicum riparium*) fajok allelopátiás hatását vizsgáltuk bioassay kísérletben a kukorica csírázására és a csíranövények növekedésére. A vizsgálatban szereplő gyomnövények zöld növényi mintáinak begyűjtése 2015 és 2016 nyarán történt. A termesztett köles mintákat Keszthely környéki gabonatarlókról gyűjtöttük. A felhasznált *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* 2016 augusztusában lett gyűjtve Keszthelyen. A *Panicum riparium* és a *Panicum miliaceum* subsp. *rudemale* gyűjtési helye Lesencetomaj volt 2016 augusztusában és szeptemberében. A kísérletben az MV Koppány hibrid magjait használtuk.

A begyűjtött növényi anyagot a földmaradványoktól megtisztítva 6 hétig szárítottuk (légszáraz állapotig). A vizsgálatokhoz a növények hajtását használtuk. A szárított hajtást (szár, levél) metszőolló segítségével 1-2 cm-es darabokra vágtuk, majd homogenizáltuk.

A kísérlet során 3-as hígítási sorú: 2,5%, 5%, 7,5 m/V%-os vizes növényi kivonatot készítettünk, és ezekkel kezeltük a kukorica magokat. A vizes kivonat készítésekor a növényi mintákat mérőedényben, szobahőmérsékleten 24 órára a vízben ázni hagytuk, hogy az allelokemikáliák kioldódjanak, majd szűrtük, és azonnal felhasználtuk.

Petri-csészékbe dupla rétegű szűrőpapírra helyeztünk 25 db kukorica magot, majd 15 ml kivonattal (a kontroll esetében desztillált vízzel) kezeltük.

Kezelésként 8 ismétlésben dolgoztunk, a kontroll kezelésből 4 ismétlést készítettünk, ezekbe növényi kivonat helyett csak víz került.

Ezek után a Petri-csészéket 7 napra 20°C-on csíráztató inkubátorba helyeztük. Az inkubálás alatt elveszett nedvességet vízpermettel pótoltuk.

A kísérlet kiértékelésekor a 7. napon meghatároztuk a csírázási százalékot, majd a csírázásban lévő szemeket egyenként megvizsgáltuk, majd megállapítottuk az egészséges csírák számát.

Végül mértük a primer gyökér, illetve a hajtás hosszát. Az adatokat Excel táblázatban rögzítettük, majd egytényezős varianciaanalízissel értékeltük.

4.2.2. Tenyészedényes vizsgálatok

A kísérletsorozat második részében tenyészedényes kísérletet (16. ábra) végeztünk 2017-ben a termesztett köles (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*), a gyomköles (*Panicum miliaceum* subsp. *ruderales*) és a parti köles (*Panicum riparium*) kölesfajokkal. A növényminták azonosak voltak a laboratóriumi kísérletben vizsgáltakkal. A vizsgálathoz 2 literes tenyészedényeket használtunk, melyekbe általános virágföldet tettünk. Ebben az esetben az 1-2 cm-es szárított növényi hajtást elektromos darálóval 1 - 6mm-es mérettartományba tovább aprítottuk.

A 2 liter talajhoz a 2,5 %, 5%, 7,5 m/V%-os koncentrációnak megfelelő növénymintát bedolgoztuk a talajba.

Minden koncentrációhoz 4 ismétlést terveztünk, és edényenként 5 szem takarmány kukoricát vetettünk bele (MV Koppány) 3cm-es mélységbe. A kontroll edényekbe csak virágföld és kukorica került.

Az edényeket 2-2 dl vízzel beöntöttük, majd BINDER márkájú növénynevelő kamrába helyeztük 20 °C-ra, 30 napra. Az állandó nedvességet öntözéssel tartottunk fent a csírázás egész ideje alatt.

A 30 nap elteltével történt a kiértékelés. Megállapítottuk, hogy kezelésként megfelelő volt-e a csírázás megmértük növényenként a hajtás és gyökér hosszát, valamint tenyészedenyeként a gyökér és hajtás száraztömegét. Az adatokat Excel táblázatba rögzítettük, majd egytényezős varianciaanalízissel értékeltük.

4.3 Kompetíciós vizsgálat

4.3.1. Tenyészedenyes vizsgálatok

A kísérlet célja a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum*, *P. miliaceum* subsp. *ruderales* és *P. riparium* kompetíciós képességének vizsgálata volt kukoricával, additív módszerrel. A kísérletet 2014-ben végeztük, majd 2015-ben *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és *P. ruderales* fajokkal megismételtük.

A vizsgálat helyszíne a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növényvédelmi Intézetének üvegháza volt. 2 kg szárított, rostált talajt használtunk tenyészedenyeként, melyek felülete 450 cm² volt. Tenyészedenyeként 5 MV Koppány hibrid magját vetettük, 0, 5, 10 illetve 20 db köles maggal együtt (a kölesmagok nagyobb számban lettek elvetve, majd később let az egyedszám beállítva), mindezt 4 ismétlésben. A vetés időpontja illetve mélysége ugyanaz volt a kukorica és a kölesek esetében is. A vizsgált minták a következők voltak: *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* Keszthelyről (1985) és Tarjánról (2013). *Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* Keszthelyről (2010) és Pusztadobosról (2012), és két *Panicum riparium* minta Mérkről és Nagykállóról (2010). A mintákat felhasználásig -20 °C-on tároltuk. A minták csírázókéességét korábban már vizsgáltuk (Pásztor – Nádasyné, 2016).

A kísérlet értékelése a csírázás után egy hónappal történt, mely során a kukorica és köles hajtások illetve a gyökerek hosszát, a friss és légszáraz hajtástömeget valamint a friss és légszáraz gyökértömeget mértük.

A vizsgálat statisztikai értékelését SPSS programmal végeztük, háromtényezős varianciaanalízis módszerrel.

4.4 Gyomvirologiai vizsgálatok

A vizsgálat során 2014 és 2015 szeptemberében 45 db köles (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* L.) levélmintát gyűjtöttünk. Lesencefalu határában fekvő gabonatermő területekről 35, a keszthelyi Fenyves allé közelében lévő területekről pedig 10 minta származott. A minták kiválasztásánál törekedtünk arra, hogy a növény levelei mutassák a vírusfertőzés tüneteit. A laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséig a mintákat egyesével polietilén tasakokban csomagolva fagyasztva tároltuk.

A növényvirologiában a leggyakrabban alkalmazott ún. duplaellenanyag-szendvics (double antibody sandwich, DAS ELISA) módszert alkalmaztuk a vírusfertőzések kimutatására (Clark és Adams, 1977).

A vizsgálatokat a LOEWE Biochemica rozsnok mozaik vírus (*Brome mosaic virus*, BMV), rozsnok csíkos mozaik vírust (*Brome streak mosaic virus*, BstMV), árpa csíkos mozaik vírust (*Barley stripe mosaic virus*, BSMV), árpa sárga törpeség (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV), búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV), búza törpülés vírus (*Wheat dwarf virus*, WDV) reagenseit használtuk. A vizsgálatához szükséges 0,4 g friss súlyú gabona mintákat 2 ml homogenálópufferben dörzsmozsár segítségével eldörzsöltük, így présnedvet nyertünk.

A vírusok kimutatásához szükséges az ELISA kit, amely az antiszérumot és az antiszérum–enzim konjugátumot tartalmazza, a növényi mintákkal együtt.

A kísérletben polisztirolból készült, mikrotitráló lapokat használtunk (13. ábra). A mikrotitráló lapok 300 µl-es bemélyedéseibe 200-200 µl vírus-specifikus immunglobulin 500-szorosára hígított oldatát pipettáztuk. 35°C-on történő 4 órás inkubálás során az IgG molekulák (alkalikus foszfatáz) a cellákhoz kötődtek. A cellákat kétszer kimostuk, majd ismételten kétszer, de ekkor a puffert 3-3 percig a cellákban hagytuk. Miután a nem kötődött IgG molekulákat a mosó-pufferrel eltávolítottuk, a mélyedésekbe pipettáztuk a növényi présnedvet.



13. ábra: A kísérlet előkészítése (Forrás: saját kép)

A mikrotitráló lapokat 4°C-on inkubáltuk egy éjszakán át, majd másnap mosó-pufferral kétszer kimostuk, majd ismételten háromszor, a mosópuffer három percig cellákban történő inkubálásával. Ha a minta tartalmazta a keresett vírust (antigént), az a lemezhez előzőleg kötődött IgG-hez kapcsolódott, más vírust vagy fehérjét a pufferral nem lehet kimutatni.

A mosás után ismét vírus-specifikus immunglobulint (konjugátumot) pipettáztunk a mintákra, miután 500-szorosára hígítottuk konjugátumpufferben. Ha a vírus jelen volt a cellában, akkor a konjugátum a vírus másik feléhez kötődött, létrehozva az „immunszedvicset”. 35°C-on 4 órán át inkubáltuk, majd pufferrel a cellákat kétszer kimostuk, majd ismételten kétszer, de ekkor a puffert 3-3 percig a cellákban hagytuk, eltávolítva a nem kötött konjugátumot.

Az következő lépésként az enzim szubsztrátját jutattuk a cellákba. A szubsztrátot folyamatos keverés mellett para-nitro-fenil-foszfátot szubsztrátpufferben 1:1 arányban feloldtuk. 150–150 µl-t a cellákba pipettáztunk, majd 35 °C-on kb. 30 percig inkubáltunk.

A para-nitro-fenil-foszfát szintelen vegyület. Az alkalikus foszfatáz enzim a szubsztrát molekulákról lehasítja a foszfát csoportokat, és sárga színű para-nitrofenol keletkezik. A színváltozás erőssége a vírus koncentráció függvénye. Az enzim addig működik, míg megfelelő a kémiai környezet és a szubsztrát jelen van. A reakciót 50 µl 3N NaOH-oldattal leállítottuk. A pozitív reakciók szemmel jól láthatók, de ELISA fotométer (ELISA reader) alkalmazásával kaphatunk megbízható eredményeket. A színváltozás mértékét Labsystems Multiscan RC ELISA readerrel 405 nm hullámhosszon értékeltük. Pozitívnak tekintettük azokat a mintákat, melyek extinkciós értékei a negatív kontroll extinkciós értékének a háromszorosát meghaladták.

Következő lépésként két helyről begyűjtött köles (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) minták vírusfertőzöttségét vizsgáltuk: objektív diagnosztikai módszerrel kis RNS (sRNS) HTS-t használtunk fel, hogy bármilyen vírusfertőzést kimutathassunk.

A mintákat két magyarországi helyről vettük 2019. augusztusában. Mind a „Büdös-árok” (BA), mind az „Újmajor-susnyás” (USA) mintában véletlenszerűen 10 különféle növényből vettünk mintát, amelyek különböző tüneteket mutattak (14. ábra).



14. ábra: A mintagyűjtési helyek (bal: US, jobb: BA)

A mintagyűjtés során a tüneteket mutató növényeket teljes egészében begyűjtöttük. A mintákból az RNS-t fenol-kloroform módszerrel extraháltuk (White és Kaper, 1989). A kapott nukleinsavkivonatokat felhasználásig -70°C -on tároltuk.

Az egyedek RNS-pooljait úgy állítottuk elő, hogy azonos mennyiségű RNS-t kevertünk ugyanazon növény különböző szerveiből, amelyek különböző egyénekből származnak, és képviselik az összes mintában szereplő növényt az adott gyűjtési helyszínről. Ez az összevonási stratégia lehetővé tette a mintában szereplő egyes növények vírusfertőzöttségének kimutatását. Ezeket a készleteket az sRNS könyvtár előállításához használtuk (összesen 2 könyvtár). Először tisztítottuk az sRNS-frakciókat, a méret elválasztás után poliakrilamid-gél-elektroforézissel, és követtük az erre a célra kidolgozott protokollt (Czotter et al., 2018), amely a TruSeq Small RNS Library Preparation Kit (Illumina) alapján készült. Két sRNS könyvtárat szekvenáltunk egy index segítségével a HiScanSQ-n az UD-Genomed (Debrecen,

Magyarország) segítségével (50 bp, egy végű szekvenálás). A szekvenált könyvtárak FASTQ fájljait letétbe helyeztük a GEO-ban, és a GSE147185 sorozatszámú hozzáféréssel érhetőek el.

A vírusdiagnosztika céljából a HTS eredmények bioinformatikai elemzését CLC Genomic Workbench (Qiagen) alkalmazásával végeztük. A levágás és az beolvasások minőség-ellenőrzése után a QC beszámolót a CLC Genomic Workbench beágyazott protokollok alkalmazásával készítették el. A nem redundáns leolvasásokból hosszabb kontigeket építettünk fel a CLC összeszerelőjével (de novo assembly). Legalább egy contig által képviselt vírusok esetében a leolvasásokat közvetlenül a referencia-genomba leképeztük, és redundanciával és anélkül számoltuk. A normalizált redundáns beolvasások (olvasás / 1 millió beolvasás) számát a feltérképezett redundáns leolvasásokból és az összes szekvenált leolvasásból számítottuk. A feltérképezés alapján konszenzusszekvenciát készítettünk és felhasználtunk a vírusgenom lefedettségének (%) kiszámításához. Ha az alábbiak közül legalább két paraméter teljesül: i / bármilyen vírusspecifikus kontingens jelenléte, ii / normalizált redundáns vírusspecifikus szám > 200, vagy iii / a vírusgenom lefedettsége > 60%, teljesült, tovább vizsgáltuk a vírust először a vírusspecifikus kontigok újbóli jelzésével, majd az RT-PCR-rel, egy független vírusdiagnosztikai módszerrel.

Az egyes mintákból származó egyesített RNS-kivonatokat és az sRNS HTS-hez használt mintakészletet mint cDNS szintézis mintákat használtuk egy RevertAid első szál cDNS szintéziskészlettel (Thermo Fisher Scientific, USA), véletlenszerű primerekkel, a gyártó utasításai szerint. A vírusokat RT-PCR-rel diagnosztizáltuk, Phire Hot Start II DNS-polimerázzal (Thermo Fisher Scientific). A szekvenáláshoz cDNS-t szintetizáltunk a fertőzést mutató minták RNS pooljából a Q5 Hot Start High-Fidelity DNS-polimerázzal (New England Biolabs, UK). A PCR-termékeket tisztítottuk a Thermo Fisher Scientific GeneJET Gel Extraction Kit segítségével és szekvenáltuk. A szekvenciákat a GenBankba helyeztük (a GenBank csatlakozási számait). A vírusszekvenciák filogenetikai elemzéséhez a MEGA7-et használtuk (Kumar et al, 2016). Az evolúciós történetet a „neighbour-joining” módszerrel vontuk le (Saitou és Nei, 1987). A filogenetikai fák ágai mellett fel vannak tüntetve azon ismétlődő fák százalékos aránya, amelyekben a társult taxonok a bootstrap tesztbe csoportosulnak (500 ismétlés) (Felsenstein, 1985). Az evolúciós távolságokat Jukes-Cantor módszerrel számoltuk (Jukes és Cantor, 1969).

5. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

5.1 Csírázásbiológiai vizsgálat

A kísérlet első értékelését a harmadik napon végeztük. Ekkor vizsgáltuk, hogy az egyes Petri-csészékben a magvak hány százaléka csírázott, illetve abnormális csíranövényeket kerestünk, melyek hiánya arra enged következtetni, hogy a hőmérséklet emelésével a csíranövények 35 Celsius-fokon sem károsodnak.

3. táblázat: A kölesfajok csírázási százaléka különböző hőmérsékleteken (SZD5%: 0,823, strd.err: 0,002)

Csírázási %	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANMI Keszthely	98%	100%	96%	98%
PANMI Tarján	98%	96%	100%	98%
PANRU Keszthely	98%	100%	96%	98%
PANRU Pusztadobos	98%	100%	100%	98%
PANRI Mérk	98%	94%	94%	90%
PANRI Nagykálló	98%	94%	92%	90%

Továbbá megfigyeltük, hogy a hőmérséklet emelésével a csírázási % nem csökken, amiből arra a következtetésre jutottunk, hogy laboratóriumi körülmények között, amennyiben elegendő víz áll rendelkezésre, a 35 °C hőmérséklet sem akadályozza a magvakat a csírázásban. A *Panicum riparium* mintáknál tapasztaltunk gyenge visszaesést a csírázásban, de ez statisztikailag nem volt igazolható (3. táblázat). A vizsgált hőmérsékleteken kicsírázott magok száma között szignifikáns különbséget nem mutattunk ki.

A hetedik napon a kísérlet véget ért, mely során mértük a növénykéek hajtás- illetve gyökérhosszát.

4. táblázat: A vizsgált *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* minták átlagos hajtáshossza a különböző hőmérsékleteken (SZD5%: 5,84, strd.err.: 0,719)

Hajtáshossz (mm)				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANMI Keszthely	77,5	78,82	82,45	78,5
PANMI Tarján	76	76,5	79,5	74,15

A két vizsgált *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* mintánál megfigyeltük, hogy a hőmérséklet emelésével nem következett be statisztikailag igazolható változás, a megemelt hőmérséklet nem befolyásolta a hajtásképződést (4. táblázat).

5. táblázat: A vizsgált *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* minták átlagos gyökérhossza a különböző hőmérsékleteken (SZD5%: 0,567, strd.err.:0,005)

Gyökérhossz (mm)				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANMI Keszthely	11,15	11,12	11,02	11,63
PANMI Tarján	9,912	9,512	9,22	9,737

A gyökérhossz vizsgálatánál is hasonló eredményeket kaptunk, a hajtáshosszban jelentkező minimális eltérések a gyökérhossznál szinte teljesen eltűntek, kiegyenlített gyökérhosszat produkáltak a minták minden hőmérsékleten. Az egyetlen különbség mind a hajtáshossz, mind a gyökérhossz szempontjából, hogy a tarjáni minta mindkét esetben, ha csak minimálisan is, de gyengébb fejlődésűnek bizonyult (5. táblázat).

6. táblázat: A vizsgált *Panicum miliaceum* subsp. *runderale* minták átlagos hajtáshossza a különböző hőmérsékleten (SZD5%: 1,745, strd.err.:0,05)

Hajtáshossz (mm)				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANRU Keszthely	75,45	76,25	77,15	76,45
PANRU Pusztadobos	76,1	77,12	76,15	77,85

A vizsgált *Panicum miliaceum* subsp. *runderale* mintáknál is hasonló eredményeket kaptunk, mint a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* mintáknál, a hajtásnövekedés kiegyenlített volt, nem tapasztaltunk kiugró értékeket (6. táblázat). Viszont a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* mintákhoz képest a hajtásképződés gyengébbnek bizonyult, melyet már korábbi vizsgálataink során is tapasztaltunk. A vizsgált hőmérséklet hatása e faj esetében is jelentéktelennek bizonyult.

7. táblázat: A vizsgált *Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* minták átlagos gyökérhossza a különböző hőmérsékleten (SZD5%: 1,042, strd.err.:0,034)

Gyökérhossz (mm)				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANRU Keszthely	10,25	11,15	9,85	9,91
PANRU Pusztadobos	9,71	9,65	9,72	9,67

A gyökérhossz mérésénél is hasonlóak voltak a tapasztalatok, a hőmérséklet emelkedése nem befolyásolta jelentősen a gyökerek fejlődését, viszont a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* mintákhoz képest a gyökérképződés e két mintánál gyengébbnek bizonyult (7. táblázat).

8. táblázat: A vizsgált *Panicum riparium* minták átlagos hajtáshossza a különböző hőmérsékleten (SZD5%: 0,523, strd.err: 0,04)

Hajtáshossz (mm)				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANRI Mérk	36,75	35,25	34,12	32,15
PANRI Nagykálló	41,25	45,75	44,95	44,75

A *Panicum riparium* minták értékelésénél tapasztaltuk, hogy bár a hőmérséklet emelkedése a hajtásnövekedést csak csekélyen befolyásolta, a hajtások hossza jelentősen kisebb volt a másik két fajhoz képest (8. táblázat). Ennek oka a faj biológiai adottságaiból következik, mivel a vizsgált faj apró magvú, kevesebb tartalék tápanyagot képes felhalmozni, ezért a csíranövény is jóval gyengébb, mint a nagyobb magvú köles fajoknál. Statisztikailag igazolható különbséget azonban e mintánál sem tudunk kimutatni.

9. táblázat: A vizsgált *Panicum riparium* minták átlagos gyökérhossza a különböző hőmérsékleten (SZD5%: 0,678, strd.err.:0,003)

Gyökérhossz (mm)				
	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
PANRI Mérk	5,25	5,75	5,5	5,415
PANRI Nagykálló	6,125	6,55	5,715	5,915

A kevesebb tartalék tápanyag miatt sokkal gyengébb volt a gyökérvégződés is. A nagykállói mintánál figyeltük meg, hogy a hőmérséklet emelkedésével a gyökérhossz, bár kis mértékben, de csökkent (9. táblázat).

5.2 A kölesfajok allelopátiájának vizsgálata

5.2.1 Laboratóriumi vizsgálatok

A vizsgálatokat több évben is végeztük, több ismétlésben, azonos, in vitro körülmények között. Az első vizsgálati év 2015 volt.

A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* esetében a csírázási százalék minden ismétlésben és minden kivonattöménység esetében 100-99% százalék között mozgott (14. ábra), tehát a kukoricára a növényi kivonatokból csírázásgátló hatás nem tudtunk kimutatni. A hajtás- és gyökérkezdemény hosszát vetettük össze a kontroll csoport eredményeivel, hogy megállapítsuk, a kezelt növények fejlődésére hat-e valamilyen allelopátiás gátlás a gyomok kivonatából.



14. ábra: Az egyik kontroll csésze a csírázás után (Forrás: Saját fotó)

A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* vizsgálata során serkentő hatást figyeltünk meg, ahogy azt PRUTENSKAYA (1974) is tapasztalta. A hajtások növekedésére, az 5%-os koncentráció fejtette ki a legnagyobb pozitív hatást (15. ábra), ebben az esetben a hajtások

átlagos hossza 56,9%-al haladta meg a kontrollnál mért átlagos értékekét (10. táblázat). Ugyanez a pozitív hatás mutatkozott a gyökérnövekedés tekintetében, ahol a kontroll átlagméreténél 29,9%-al nagyobb átlagos gyökérhosszúságot mértünk (10. táblázat).

Az adatokat összevetve és egytényezős variancia-analízissel feldolgozva megállapítottuk, hogy 5%-os szignifikanciaszinten különbség mutatkozott mindegyik gyomnövénykivonatnak a kukorica gyökér és hajtásképződésére mutatott hatásában a kontrollhoz és a kezelésekhez képest.

10. táblázat: A Petri-csészés csíráztatási kísérletek eredményei (pirossal jelölve a statisztikailag szignifikáns értékek, strd.err.: 0,003).

Gyomnövénykivonatok	Csírázó kukorica	Kontroll	2,5%	5%	7,5%	SzD5%
<i>Panicum miliaceum</i> subsp. <i>miliaceum</i>	Hajtás hossz (mm)	21,3	33,425	44,025	25,375	4,37
	Gyökérhossz (mm)	89,35	105,125	116,05	99,55	7,49

Ennek oka lehet az, hogy az allelokemikáliák egy adott koncentrációnál tudják kioltani az oldatban lévő, serkentőleg ható többlet tápanyagok hatását. Ezek mellett figyelembe kell venni az oldatok ozmotikus potenciálkülönbségéből származó, az allelopatikus hatásoktól független gátló hatást. A töményebb oldatokat a kukoricaszem nehezebben veszi fel, így a csírázáshoz kevesebb vizet tud magába szívni. Továbbá a növényi maradványok az allelokemikáliák mellett tartalék tápanyagokat is tartalmaznak, melyek ugyanúgy kioldódhatnak, és a csíranövények számára elérhetővé válhatnak, mint csírázást segítő anyagok. Ezek a hatások megnehezítik az allelokemikáliák hatásának vizsgálatát.

2016-ban megismételtük a kísérletet, újabb faj bevonásával. A kísérletbe bevontuk a *Panicum miliaceum* subsp. *runderale* és *Panicum riparium* faj is, melynek a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*hoz hasonlóan, leveles szárrészéből készítettük a kivonatokat.

Elsőként a csírázási százalékot értékeltük, mely során az alábbi eredményeket kaptuk.



16. ábra: A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* kivonatok hatása a kukorica hajtás- és gyökérnövekedésére
(Forrás: Saját kép)

A csírázási % a kontroll állományban 87%-os volt. A 2,5%-os *Panicum miliaceum* leveles szár kivonattal kezelt magok 90%-a, az 5%-os kivonattal kezelt magok 90%-a és a 7,5%-os kivonattal kezelt magok 94%-a csírázott ki. A termesztett köles mindhárom koncentrációban serkentette a kukorica csírázását, bár ez a serkentő hatás statisztikailag nem volt igazolható. (11. táblázat)

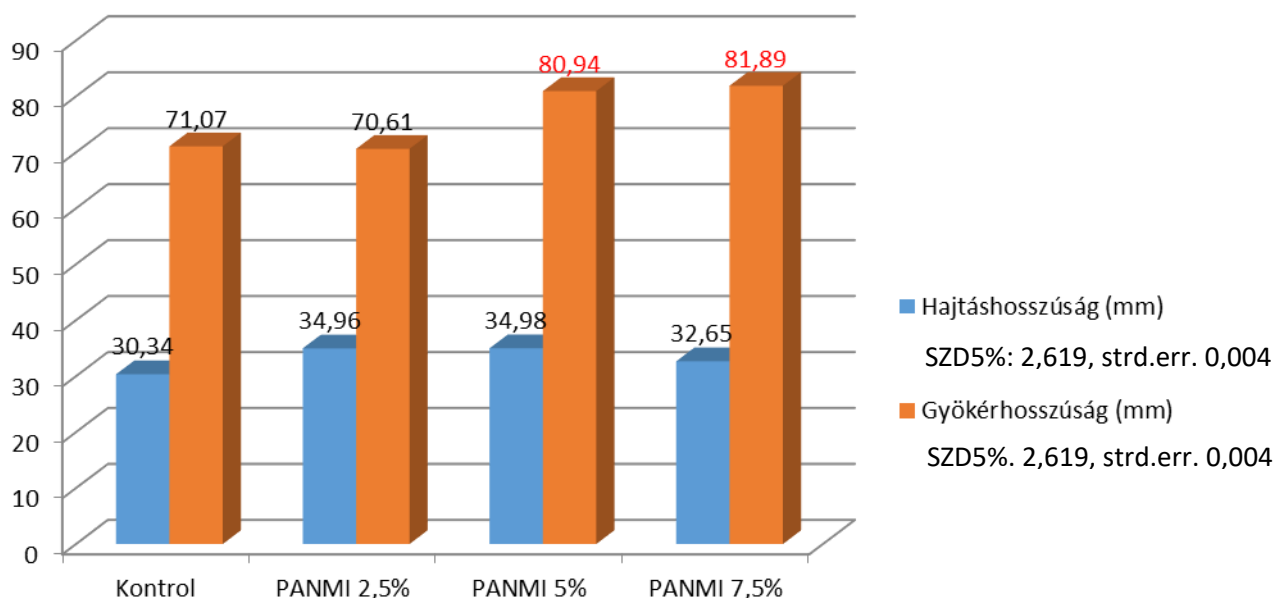
11. táblázat. A termesztett köles leveles szár kivonatok hatása a kukorica csírázására (SZD5%: 5,401, strd.err.:0,056).

Csírázási %			
Kontroll	PANMI 2,5%	PANMI 5%	PANMI 7,5%
87%	90%	90%	94%

A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* leveles szár kivonatai növelték a kukorica csíranövény átlagos hajtáshosszát, de ez inkább az alacsonyabb koncentrációjú kivonatokra

volt jellemző. A gyökér képződést is növelte, arányosan a növekvő koncentrációval (16. ábra). A kontroll mintában mért átlagos hajtáshosszúság 30,34 mm volt. A 2,5% koncentrációjú *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* kivonattal kezelt állományban a hajtáshossz 34,96 mm, az 5%-os kivonattal kezelt állományban 34,98 mm és a 7,5%-os kivonattal kezelt állományban pedig 32,65 mm volt. A kontrollnövényekhez képest a természetett köles 2,5%-os leveles szár kivonata 15,2%-al, az 5%-os kivonat szintén 15,2%-al és a 7,5%-os kivonat 7,6%-al növelte a hajtáshosszúságot. A fentiek alapján elmondható, hogy a *Panicum miliaceum* leveles szár kivonata serkenti a kukorica csíranövény hajtásnövekedését, koncentrációtól függően. Alacsony koncentrációban nagyobb mértékben serkentette, míg ha növeltük a koncentrációt a hajtásnövekedés mértéke kisebb lett. A természetett köles ezen hatása statisztikailag nem igazolható (28. ábra).

A kontroll növényeknél az átlagos gyökérhossz 71,07 mm volt. A 2,5%-os kivonattal kezelt növények gyökérhossza 70,61 mm az 5%-os kivonathoz 80,94 mm és a 7,5%-osnál 81,89 mm volt. A 2,5%-os kivonat csekély mértékben, de csökkentette a gyökérhosszúságot, 0,7%-al. Az 5%-os kivonat 13,8%-al és a 7,5%-os kivonat 15,2%-al növelte a gyökérhosszt. Ezek alapján megállapítható, hogy a *Panicum miliaceum* leveles szár kivonata nagyobb koncentrációkban serkenti a kukorica csírázás utáni gyökérnövekedését. A természetett kölesnek a kukorica gyökérképződésére gyakorolt hatása statisztikailag igazolható volt (17. ábra). A statisztikailag igazolható hatás a 28. ábra adatain pirossal ki van emelve.



17. ábra: *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* leveles szár kivonat hatása a kukorica hajtás- és gyökérhosszúságára (pirossal kiemelve a statisztikailag igazolható különbségek)

Összességében a termesztett köles leveles szárából készült kivonatok pozitív hatással voltak a kukorica csírázására és a csíranövény fejlődésére.

A Gyomköles (*Panicum miliaceum* subsp. *runderale*) leveles szár kivonat hatása a kukorica tesztnövényekre

A csírázási % értékelésekor azt tapasztaltuk, hogy a *Panicum miliaceum* subsp. *runderale* leveles szár 2,5%-os és a 7,5%-os kivonatok kismértékben serkentették a csírázást. A mért csírázási % mindkét esetben 89,5% volt, a kontroll pedig 87%. Az 5%-os kivonat esetében a csírázás 93,5% volt, ami az előzőekhez képest kiugró eredmény. (12. táblázat)

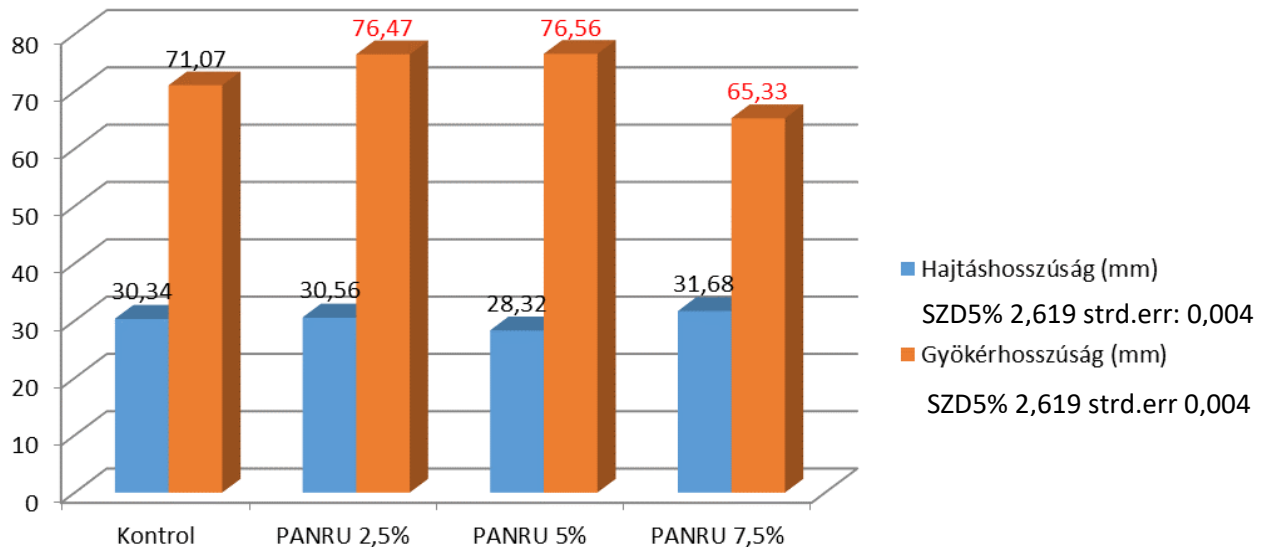
12. táblázat. A gyomköles leveles szár kivonatok hatása a kukorica csírázására (SZD5%: 5,031, strd.err.:0,046).

Csírázási %			
Kontroll	PANRU 2,5%	PANRU 5%	PANRU 7,5%
87%	89,5%	93,5%	89,5%

A *Panicum miliaceum* subsp. *runderale* leveles szár kivonatai pozitív hatással voltak a kukorica magok csírázására. A 2,5%-os és a 7,5%-os kivonatok esetében a növekedés ugyan csekély, de az 5%-os kivontnál jelentős 6,5%-os növekedés volt megfigyelhető (12. táblázat). A kukorica csíranövény hajtáshosszúságát nagyon kismértékben befolyásolta, ez elhanyagolható. A gyökér fejlődését alacsony koncentrációban elősegítette, míg magasabb koncentrációnál visszafogta a fejlődésben. A gyomköles leveles szár kivonatának minden koncentrációja pozitívan hatott a csírázásra. A 7,5%-os kivonat növelte legkisebb mértékben a csírázást.

A gyomköles kivonataival kezelt növények értékelésekor a következő eredményeket kaptuk: a 2,5%-os kivonattal kezelt állomány átlagos hajtáshossza 30,56 mm volt ami 0,7%-os növekedést jelentett a kontrollhoz képest. Az 5%-os kivonattal kezelt fiatal növények átlagos hajtáshossza 28,32 mm volt, ami viszont 6,7%-al rövidebb volt, mint a kontrollnál mért átlag. A 7,5%-os kezelésben 31,68 mm volt, ez pedig 4,4%-al nagyobb hajtáshosszúságot jelent. A fenti adatok alapján a kontrollhoz képes csak az 5%-os kivonat okozott kisebb mértékű gátlást. A gyomköles hatása a kukorica hajtáshosszúságra azonban statisztikailag nem igazolható (18. ábra).

A gyökérhossz alakulását tekintve a 2,5%-os gyomköles leveles szár kivonat és az 5%-os kivonat serkentete a gyökér fejlődését. 2,5%-os kivonatnál 76,47 mm volt az átlag, ami 7,6%-os növekedést jelent a kontrollhoz képest. Az 5%-os kivonattal kezelt magok átlagos gyökérhossza 76,56 mm volt, ez 7,7%-os gyökérhossz növekedést jelent. A 7,5%-os kivonat azonban visszavetette a gyökér fejlődését. Az átlagos gyökérhossz 65,33 mm volt, ami 8,1 %-al volt kisebb mint a kontroll növények esetében. A gyomköles kivonat serkentő, illetve gátló hatása statisztikailag igazolható volt (18. ábra).



18. ábra: *Panicum miliaceum* subsp. *rudérale* leveles szár kivonat hatása a kukorica hajtás- és gyökérhosszúságára

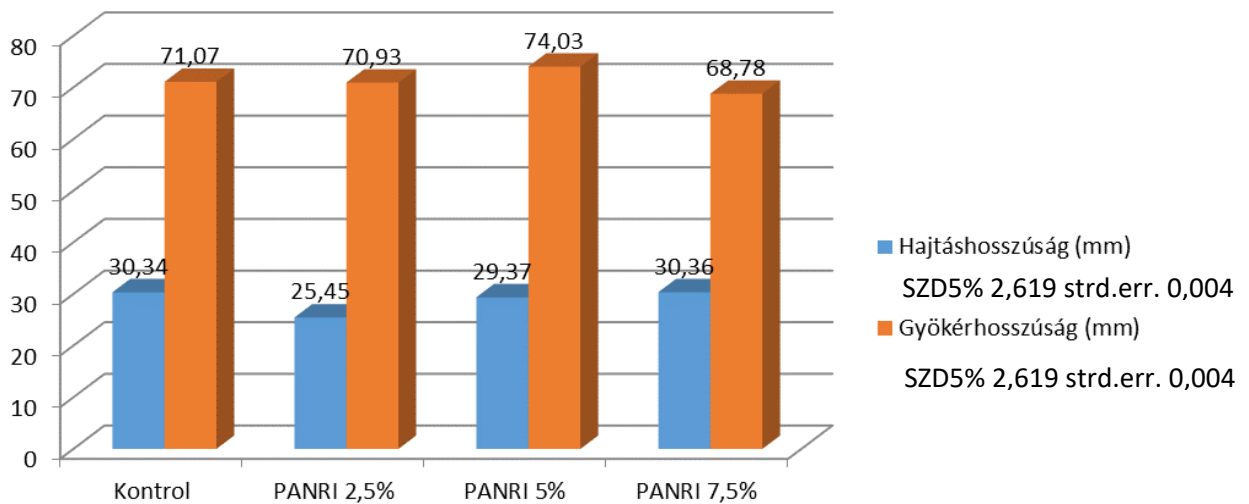
A Parti köles (*Panicum riparium*) leveles szár kivonat hatása a kukorica teszt növényekre

A parti köles kivonatok a kukorica csírázását nem gátolták. 2,5%-os kivonat esetében 5%-al nőtt a kicsírázott magok száma a kontrollhoz képest. A többi koncentrációban viszont lényegi különbség nem volt. Ezek alapján elmondható, hogy a *Panicum riparium* nem gátolja a kukorica magokat a csírázásban. (13. táblázat)

13. táblázat. A Parti köles leveles szár kivonatok hatása a kukorica csírázására (SZD5%: 5,206, strd.err.:0,031)

Csírázási %			
Kontroll	PANRI 2,5%	PANRI 5%	PANRI 7,5%
87%	92,0%	88,0%	86,5%

A parti köles leveles szár kivonatai a következőképpen befolyásolták a kukorica hajtáshosszúságát. A kontroll állomány átlagos hajtáshossza 30,34 mm volt. A 2,5%-os kivonattal kezelt magok hajtása átlagosan 25,45 mm volt, ami 16,2%-os csökkenést jelent a kontrollhoz viszonyítva. Az 5%-os kivonat és a 7,5%-os kivonat esetében a különbség csekély. Az 5%-os kivonattal kezelt magok 29,37 mm hosszú hajtást hoztak átlagosan, ami csak 3,2%-os csökkenés. A 7,5%-os kivonat esetében viszont nagyon kicsi növekedés figyelhető meg, ezen növények átlagos hajtáshossza 30,36 mm volt, ez 0,06%-os növekedést jelent, ami elhanyagolható. A fenti adatok alapján elmondható, hogy a *Panicum riparium* 2,5%-os leveles szár kivonata jelentősebben visszafogta a kukorica csíranövény hajtásképződését. Azonban nagyobb koncentrációban lényegi eltérés nem tapasztalható. A parti köles kukorica hajtására gyakorolt hatása statisztikailag nem igazolható (19. ábra).



19. ábra: *Panicum riparium* leveles szár kivonat hatása a kukorica hajtás- és gyökérhosszúságára

A gyökérhosszúságot tekintve a 2,5%-os kivonat nem okozott jelentős változást (20. ábra), a kontrollhoz képest 0,2%-os csökkenés figyelhető meg. Az 5%-os kivonattal kezelt magok átlagos gyökérhossza kicsivel meghaladta a kontroll növényekét. Ez a koncentráció egy 4,1%-os gyökérhossz növekedést eredményezett. A 7,5%-os kivonattal kezelt magok átlagos gyökérhossza 68,78 mm volt, ami 3,3%-al volt kisebb átlagosan mint a kontroll növények esetében. A 7,5%-os oldat csekély mértékben visszavetette a gyökereket a fejlődésben. A parti köles hatása a kukorica gyökérképződésére statisztikailag nem igazolható (19. ábra).

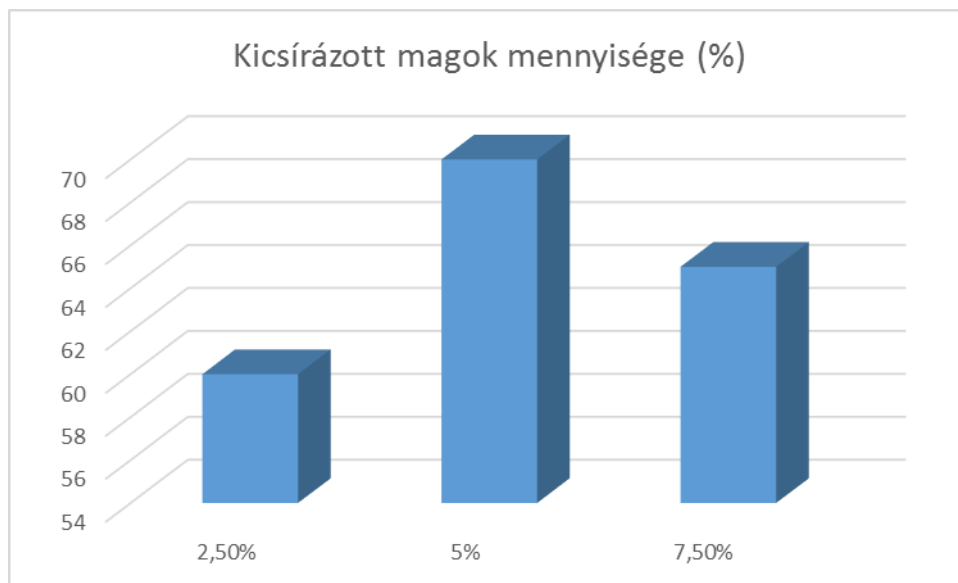


20. ábra: A *Panicum riparium* különböző töménységű kivonatainak hatása a kukorica tesztnövényekre

5.2.2 Tenyészedényes vizsgálatok

A tenyészedényes kísérletben a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* talajba kevert szárított hajtásainak hatására csírázásgátló hatást tapasztaltunk a kukoricára a kontroll csoporthoz viszonyítva.

A kontroll edényekben az összes kukoricaszem kicsírázott, tehát 100%-os csírázást kaptunk eredményül.



21. ábra: A tenyészedényes kísérlet csírázási %-a a PANMI talajba kevert hajtásainak hatására (Kontroll: 100%)

A kísérlet során azt tapasztaltuk, hogy a kontrollhoz képest a *Panicum miliaceum* gyomnövénykivonat minden koncentrációja esetében gyengült a kukorica csírázása (21. ábra). Viszont a gátló hatást statisztikailag nem tudtuk igazolni (SZD5%: 21,233, strd.err.: 3,32). A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* növényi részek hatására elmaradt a csírázási százalék a kontroll csoporttól. Ebben az esetben az 5%-os talaj – növénymaradvány kezelésben csökkent legkevésbé a csírázás, a Petri csészés kísérletben pedig az 5%-os oldat fejtette ki a legnagyobb serkentő hatást.

Növényi kivonat hatása a gyökér- és hajtáshosszra



17. ábra: A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* tenyészedényes vizsgálatából származó kukorica növények (Forrás: Saját fotó)

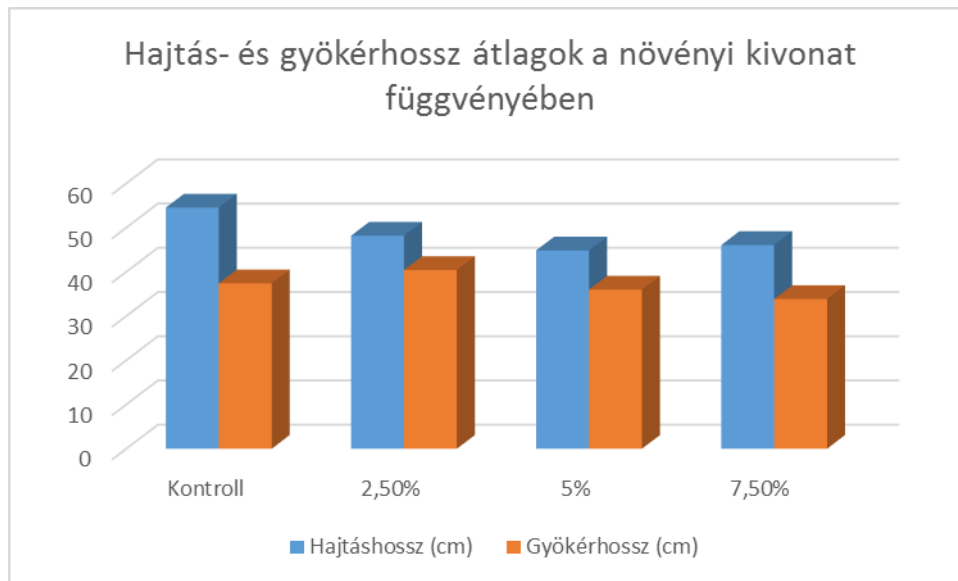
A kísérlet bontása során külön-külön megmértük a kikelt növények szár- és hajtáshosszát (22. ábra). Ezeket összevetettük a kontroll csoport mért eredményeivel, A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* se a kukorica hajtáshosszát (SzD5%=9,04) se a gyökérhosszát (SzD5%=9,01) nem befolyásolta szignifikánsan (23. ábra).

Az eredményeket az alábbi (14.) táblázat mutatja, pirossal jelölve azokat a csoportokat, ahol szignifikáns különbség mutatkozott:

14. táblázat: A kukorica hajtás- és gyökérhossza a tenyészedényes kísérletben a PANMI száraz hajtásainak talajba keverésének hatására (strd.err.: 0,009)

Gyomnövény	Csírázó kukorica	Kontroll	2,5%	5%	7,5%	SzD5%
<i>Panicum miliaceum</i>	Hajtás hossz (cm)	54,55	48,17	44,86	46,08	9,05
	Gyökérhossz (cm)	37,40	40,42	36,00	33,85	9,01

A koncentrációk szerinti hajtás és gyökérhossz átlagokat az alábbi diagram szemlélteti:



23. ábra: A kukorica hajtás és gyökérhossz alakulása, a talajba kevert növényi rész mennyiségének függvényében

A kukorica növények száraztömegére kifejtett hatás

A kísérlet bontása után a kukorica növények gyökerét és hajtását szétválasztottuk, majd légszáraz állapotban megmértük a gyökér és a hajtás száraztömegét. Az eredményeket egy növényre vonatkoztattuk (15. táblázat).

15. táblázat: A tenyészedényes kísérlet hajtás és gyökér száraztömegeinek alakulása (SZD5%: 0,242, strd.err.:0,034):

Gyomfaj	Száraztömeg/db növény	Kontroll	2,5%	5%	7,5%
<i>Panicum miliaceum</i>	Hajtás (g)	0,5	0,36	0,39	0,52
	Gyökér (g)	0,31	0,15	0,23	0,26

A *Panicum miliaceum* mind a gyökértömeg mind a hajtástömeg mértékére negatívan hatott. Egyedül a 7,5%-os kezelés hozott nagyobb hajtástömeget, mint a kontroll növények (14. táblázat), viszont a különbség statisztikailag nem volt igazolható.

5.3 Kompetíciós vizsgálatok

5.3.1 Tenyészedényes vizsgálatok

A tenyészedényes vizsgálatokat 2014-ben és 2015-ben végeztük, üvegházban, azonos körülmények között (24. ábra). A három vizsgált kölesfaj/alfaj a *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*, *P. miliaceum* subsp. *ruderales* és a *Panicum riparium* voltak. A kísérlet során vizsgáltuk a kukorica és a kölesfajok kompetícióját. Mértük a hajtások hosszát, a friss- és légszáraz hajtás- illetve gyökértömeget.



24. ábra: A tenyészedényes kísérlet csírázás utáni állapotban (Forrás: saját kép)

A köles egyedszámának hatása a kísérleti növények hajtáshosszára.

A *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* egyedszámának emelésével mind a köles, mind a kukorica hajtáshossza csökkent, 30, majd 65 %-al a 20 kölest tartalmazó tenyészedényben (25. ábra).



25. ábra: A kísérlet kiértékelése során szárításra előkészített kukorica növények (Forrás: Saját kép)

A *P. miliaceum* subsp. *ruderae* esetében is hasonló tapasztaltunk, a Pusztadobosról származó minta erős kompetitora volt a kukoricának és fajtársainak is, így a kukorica hajtáshossza 43 %-al csökkent a 20 kölest tartalmazó tenyészedényeknél.

A *P. riparium*, mint aprómagvú kölesfaj, nem tartalmaz annyi tartalék tápanyagot, mint nagymagvú társai, ezért lassabban növekedett, illetve a kifejlett növények is sokkal kisebbek voltak. A köles növények hajtáshossza az egyedszám növelésével erőteljesen lecsökkent, erős intraspecifikus kompetíciót tapasztaltunk. A kukorica növények növekedését a parti köles kevésbé gyengítette (16. táblázat).

16.táblázat: A kukorica és a kölesfajok hajtáshossza a kompetíció hatására (2014)

Hajtáshossz (cm)	Kontroll Kukorica	5 db köles/tenyészedény		10 db köles/tenyészedény		20 db köles/tenyészedény	
		Kukorica	Köles	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles
PANMI Keszthely	72,12	72,79	64,1	64,3	50,8	51,04	53,14
PANMI Tarján	72,12	51,2	40,7	42,45	29,05	35,56	33,11
PANRU Keszthely	72,12	57,6	37,2	58,75	36,28	53,9	30,7
PANRU Pusztadobos	72,12	72,33	63	36,54	42,13	38,1	36,43
PANRI Mérk	72,12	48,25	25,3	43,8	25,58	63,65	27,94
PANRI Nagykálló	72,12	61,9	28,3	65,22	30,83	66,65	25,6

A 2015-ös kísérletben 2 kölesfajt tanulmányoztunk, (*P. miliaceum* és *P. ruderales*) fajonként 2 mintával. Az eredmények hasonlóak voltak a 2014-ben tapasztaltakhoz. Az 1985-ös *P. miliaceum* minta egyedszámának emelésével a kukorica hajtáshossza csökkent. a 20 kölest tartalmazó tenyészedényekben a hajtáshossz 32 %-al redukálódott a kontrollhoz képest. A tarjáni minta esetében a csökkenés 27 %-os volt. A két *P. ruderales* minta is erős kompetítornak bizonyult, a kukorica hajtáshossza közel 30 %-al csökkent mindkét esetben (17. táblázat).

Összesítve, mind a két kölesfaj erős kompetítora a kukoricának. A kukorica hajtáshossza az előző évhez képest kisebb volt.

17. táblázat: A kompetíció az emelkedő kölesszám hatására a hajtáshossz tekintetében (2015)

Hajtáshossz (cm)	Kontroll	5 db köles/tenyészedény		10 db köles/tenyészedény		20 db köles/tenyészedény	
	Kukorica	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles
PANMI Keszthely	79,75	73	25,45	72,5	16,45	50,25	15,75
PANMI Tarján	79,75	80,25	20,15	72,5	20,05	58,75	20,25
PANRU Keszthely	79,75	80,5	25,15	80,75	23,45	63,5	22,25
PANRU Pusztadobos	79,75	86,3	22,75	80,25	17,25	72,25	24,75

A statisztikai értékeléshez SPSS programot használtunk, négytényezős varianciaanalízist alkalmazva. A normáeloszlás teljesült, valamint a 4 tényező interakciója is szignifikáns volt.

Az interakció elemzéséhez háromtényezős varianciaanalízist használtunk, külön a két év eredményeit vizsgálva. 2014-ben szignifikáns különbségek mutatkoztak a fajok között, illetve a köles egyedszámok között is statisztikailag igazolható különbségeket tapasztaltunk.

A 2015-ös adatok értékelésénél a nem szignifikáns faktorok és interakciók eltávolítása után kéttényezős varianciaanalízist végeztünk, mely során a kölesfaj, az egyedsűrűség, illetve ezek interakciója közötti különbségeket értékeltük (18. táblázat)

18. táblázat: A Tukey-próba alapján hasonló csoportokba sorolt minták (2015).

Köles egyedszám	PANMI Keszthely	PANMI Tarján	PANRU Keszthely	PANRU Pusztadobos
0	79,74 ^a	79,74 ^a	79,74 ^a	79,74 ^{a, b}
5	73,4 ^a	80,26 ^a	80,53 ^a	86,32 ^a
10	72,38 ^a	72,63 ^a	80,79 ^a	80,26 ^{a, b}
20	50,26 ^b	58,88 ^b	63,68 ^b	72,36 ^b

A vizsgált kölesfajok és -alfajok egyedszámának hatása a kukorica és a kölesek friss- és légszáraz hajtástömegére

A kísérlet bontásakor a friss hajtástömeget is mértük, illetve 2 héttel később a légszáraz hajtástömeget is (19. táblázat).

2014-ben a két *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* minta között jelentős különbség mutatkozott. A keszthelyi minta esetében a friss hajtástömeg folyamatosan csökkent, a legtöbb kölest tartalmazó tenyészedényben a kukorica hajtástömege 62 %-al volt alacsonyabb a kontrollnál. A tarjáni minta esetében az egyedszám emelésével, a 10 kölest tartalmazó tenyészedényekben 48 %-al volt magasabb a friss hajtástömeg, mint a 5 kölest tartalmazókban. Ennek oka az intraspecifikus kompetíció jelensége.

A légszáraz hajtástömeg vizsgálata során hasonló tendenciát tapasztaltunk, mint a frisstömeg esetében.

A két *P. miliaceum* subsp. *ruderales* minta esetében is jelentős különbségeket tapasztaltunk. A keszthelyi mintánál a friss hajtástömeg az egyedszám változásával növekedett, de a 20 kölesnél csökkent! míg a pusztadobosi mintánál erőteljesen csökkent, a kontrollhoz viszonyítva (a kontroll 10,87 grammjához viszonyítva a 10 kölest tartalmazó tenyészedényeknél 1,98 g, a 20-at tartalmazóknál 0,59 g lett a friss hajtástömeg) (19. táblázat). A légszáraz hajtástömeg mérésekor hasonló tendenciát tapasztaltunk.

A *P. riparium* minta esetében megfigyelhető volt a faj gyengébb növekedése, a friss és légszáraz hajtástömeg lényegesen kevesebb volt, mint a másik két faj esetében. A faj e szempontból sem bizonyult erős kompetitornak.

19. táblázat: A köles egyedszámának hatása a kukorica és a kölesfajok friss- és légszáraz hajtástömegére (1 db növényre vonatkoztatva, 2014)

Hajtástömeg (g/növény)	Kontroll	5 db köles/tenyészedény		10 db köles/tenyészedény		20 db köles/tenyészedény	
		Kukorica	Köles	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles
PANMI Keszthely	10,87 1,08	8,93 1,01	3,03 0,38	6,89 0,91	1,88 0,30	4,13 0,69	1,51 0,23
PANMI Tarján	10,87 1,08	2,72 0,3	1,43 0,23	<u>7,22</u> 1,05	0,96 0,14	2,16 0,29	0,59 0,09
PANRU Keszthely	10,87 1,08	6,6 0,84	0,93 0,15	7,17 0,82	1,01 0,14	5,71 0,6	0,7 0,09
PANRU Pusztadobos	10,87 1,08	9,24 1,62	2,7 0,47	<u>1,98</u> 0,31	1 0,2	2,15 0,36	0,59 0,13
PANRI Mérk	10,87 1,08	4,97 0,65	0,72 0,12	<u>4,56</u> 0,58	0,43 0,07	10,3 1,26	0,45 0,07
PANRI Nagykálló	10,87 1,08	10,74 1,42	0,41 0,07	9 0,89	0,47 0,08	9,77 1,35	0,31 0,06

2015-ben csak a két erősebb kompetítort vizsgáltuk. Az értékelés során megállapítottuk, hogy hasonlóan a korábbi évhez, a kukorica, illetve a fajtársak hajtástömegét erőteljesen befolyásolja a növekvő köles egyedszám (20. táblázat). Hasonló eredményeket tapasztaltunk a kukorica valamint a kölesek hajtástömegének értékelésekor. Mindkét kölesfaj erős kompetitora a kukoricának, minél több kölest tartalmazott a tenyészedeény, annál erőteljesebben csökkent a kukorica friss és légszáraz hajtástömege. A fajon belüli versengés is erősnek bizonyult, a növekvő egyedszámú kezelésekben a köles hajtástömege jelentősen csökkent.

20. táblázat: A köles egyedszám hatása a kukorica és a kölesfajok friss és légszáraz hajtástömegére (1 db növényre vonatkoztatva, 2015)

Hajtástömeg (g)	Kontroll	5 db köles/tenyészedeény		10 db köles/tenyészedeény		20 db köles/tenyészedeény	
		Kukorica	Köles	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles
PANMI Keszthely	11,14 1,13	9,15 1,27	2,96 0,32	7,11 1,02	1,69 0,24	4,91 0,75	1,38 0,17
PANMI Tarján	11,14 1,13	<u>2,96</u> 0,4	1,57 0,34	7,45 1,20	0,86 0,11	<u>2,27</u> 0,25	0,47 0,06
PANRU Keszthely	11,14 1,13	6,2 0,76	0,99 0,21	6,93 0,75	1,23 0,2	5,45 0,56	0,5 0,04
PANRU Pusztadobos	11,14 1,13	9,54 1,81	2,3 0,34	<u>1,76</u> 0,24	1,27 0,29	<u>2,21</u> 0,36	0,47 0,1

Az adatok statisztikai értékelését 4 tényezős variancia-analízissel végeztük. Két fix faktornak tekintettük a kölesfajt illetve a köles egyedsűrűségét, random faktornak pedig az évet és a tenyészedeényt (pontosabban annak elhelyezkedésének esetleges hatását). A 4 tényező interakciója nem volt szignifikáns, ezért végül a két fix tényezőt vetettük össze, valamint ezek interakcióját vizsgáltuk. A 21. – 22. táblázat tartalmazza a csoportokra osztott mintákat, melyeket betűvel jelöltünk (a Tukey-teszt alapján). Minden különböző betűvel jelölt csoport szignifikánsan különbözik egymástól.

21. táblázat: A Tukey-próba alapján statisztikai szempontból hasonló csoportokba sorolt minták a friss hajtástömeg vonatkozásában.

Köles egyedsűrűség	PANMI Keszthely	PANMI Tarján	PANRI Mérk	PANRI Nagykálló	PANRU Keszthely	PANRU Pusztadobos
0	10,99 ^a	10,99 ^a	10,99 ^a	10,99 ^a	10,99 ^a	10,99 ^a
5	9,01 ^b	2,82 ^c	4,97 ^b	10,74 ^{a, b}	6,42 ^b	9,38 ^b
10	7,04 ^c	7,32 ^b	4,56 ^b	9,05 ^c	7,04 ^b	1,85 ^c
20	4,54 ^d	2,21 ^d	10,31 ^a	9,77 ^{b, c}	5,59 ^c	2,19 ^c

22. táblázat: A Tukey-próba alapján hasonló csoportokba sorolt minták a légszáraz hajtástömeg vonatkozásában.

Köles egyedsűrűség	PANMI Keszthely	PANMI Tarján	PANRI Mérk	PANRI Nagykálló	PANRU Keszthely	PANRU Pusztadobos
0	1,11 ^a	1,11 ^a	1,11 ^{a, b}	1,11 ^{b, c}	1,11 ^a	1,11 ^b
5	1,16 ^a	0,35 ^b	0,89 ^b	1,42 ^a	0,82 ^b	1,73 ^a
10	0,97 ^a	1,13 ^a	0,58 ^c	0,9 ^c	0,8 ^b	0,28 ^c
20	0,72 ^b	0,27 ^b	1,26 ^a	1,36 ^{a, b}	0,59 ^c	0,36 ^c

A vizsgált kölesfajok és -alfajok egyedszámának hatása a kukorica és a kölesek friss és légszáraz gyökértömegére

A gyökértömeg mérésekor az eredmények nagyon hasonló tendenciát mutattak a hajtáshossz változásaival. Mindkét *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* minta esetében a gyökérzet tömege a kölesek egyedszámának növelésével csökkenni kezdett, a kukorica és a kölesek esetében is. Az interspecifikus kompetíció mellett intraspecifikus kompetíciót is megfigyelhettünk.

A korábbi tendencia mutatkozott a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* minták esetében is, a gyökértömeg alakulásában a fajnak hasonló hatása volt, mint a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* mintáknak.

A *P. riparium* esetében megállapítottuk, hogy a faj csak kis mértékben képes befolyásolni a kukorica gyökértömegét. Az egyedszám növelésével is csak a kölesek fejlődése maradt vissza, egymás kompetitorai lettek az egyedek (23. táblázat).

23. táblázat: A köles egyedszám hatása a kukorica és a kölesfajok friss és légszáraz gyökértömegére (1 db növényre vonatkoztatva, 2014)

Gyökértömeg (g)	Kontroll	5 db köles/tenyészedény		10 db köles/tenyészedény		20 db köles/tenyészedény	
		Kukorica	Köles	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles
PANMI Keszthely	6,72	5,02	0,53	4,82	0,46	2,49	0,43
	1,22	0,43	0,08	0,84	0,13	0,49	0,07
PANMI Tarján	6,72	2,47	0,6	4,4	0,28	2,24	0,2
	1,22	0,49	0,08	0,72	0,03	0,39	0,04
PANRU Keszthely	6,72	3,67	0,13	3,78	0,36	4,55	0,17
	1,22	0,54	0,02	0,61	0,03	0,64	0,03
PANRU Pusztadobos	6,72	6,23	0,6	2,27	0,50	2,53	0,27
	1,22	1,09	0,13	0,53	0,09	0,56	0,06
PANRI Mérk	6,72	4,37	0,33	4,4	0,15	6,16	0,18
	1,22	0,83	0,06	0,72	0,02	1,14	0,02
PANRI Nagykálló	6,72	6,23	0,18	6,01	0,15	5,75	0,09
	1,22	1,06	0,04	0,67	0,03	1,48	0,02

Hasonló tendenciát tapasztaltunk a következő évben is (24. táblázat). A *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* keszthelyi mintája esetében a köles egyedszám emelésével csökkent a kukorica gyökértömege. A tarjáni mintáknál az 5db/t.e. kezelésben a kukorica friss gyökértömege 50 %-al kevesebb volt a kontrollnál, viszont az egyedszám emelésével (10 db) a gyökértömeg már csak 28 %-al volt kevesebb, ez a köles intraspecifikus kompetíciójának érvényesülését jelzi.

Ugyanezt tapasztaltuk a *P. miliaceum* subsp. *rudérale* minták esetében is. A keszthelyi mintánál a köles kompetíciójának erősödésére a kukorica növekvő gyökértömeg produkcióval reagált.

24. Táblázat: A köles egyedszám hatása a kukorica és a kölesfajok friss és légszáraz gyökértömegére (1 db növényre vonatkoztatva, 2015)

Gyökértömeg (g)	Kontroll Kukorica	5 db köles/tenyészedény		10 db köles/tenyészedény		20 db köles/tenyészedény	
		Kukorica	Köles	Kukorica	Köles	Kukorica	Köles
PANMI Keszthely	5,95 0,87	4,87 0,38	0,48 0,06	4,56 0,76	0,41 0,1	2,23 0,32	0,39 0,05
PANMI Tarján	5,95 0,87	2,25 0,41	0,51 0,06	4,31 0,71	0,31 0,04	2,12 0,33	0,18 0,03
PANRU Keszthely	5,95 0,87	3,12 0,49	0,11 0,02	3,67 0,6	0,33 0,02	4,43 0,54	0,12 0,02
PANRU Pusztadobos	5,95 0,87	6,02 1,01	0,56 0,11	2,02 0,46	0,48 0,07	2,32 0,51	0,22 0,04

Az adatok statisztikai értékelését a hajtástömegek elemzésével azonos módszerrel végeztük (25. – 26. táblázat).

25. táblázat: A Tukey-próba alapján hasonló csoportokba sorolt minták a friss gyökértömeg vonatkozásában.

Köles egyedsűrűség	PANMI Keszthely	PANMI Tarján	PANRI Mérk	PANRI Nagykálló	PANRU Keszthely	PANRU Pusztadobos
0	6,34 ^a	6,34 ^a	6,34 ^a	6,34 ^a	6,34 ^a	6,34 ^a
5	4,95 ^b	2,34 ^c	4,37 ^b	6,23 ^a	3,39 ^c	6,13 ^a
10	4,68 ^b	4,38 ^b	4,43 ^b	6,02 ^a	3,74 ^c	2,16 ^b
20	2,37 ^c	2,2 ^c	6,16 ^a	5,75 ^a	4,49 ^b	2,42 ^b

26. táblázat: A Tukey-próba alapján hasonló csoportokba sorolt minták a légszáraz gyökértömeg vonatkozásában.

Köles egyedsűrűség	PANMI Keszthely	PANMI Tarján	PANRI Mérk	PANRI Nagykálló	PANRU Keszthely	PANRU Pusztadobos
0	1,05 ^a	1,05 ^a	1,05 ^{a, b}	1,05 ^b	1,05 ^a	1,05 ^a
5	0,4 ^c	0,45 ^c	0,83 ^{b, c}	1,06 ^b	0,52 ^b	1,05 ^a
10	0,81 ^b	0,72 ^b	0,73 ^c	0,68 ^c	0,63 ^b	0,5 ^b
20	0,41 ^c	0,36 ^c	1,15 ^a	1,48 ^a	0,6 ^b	0,53 ^b

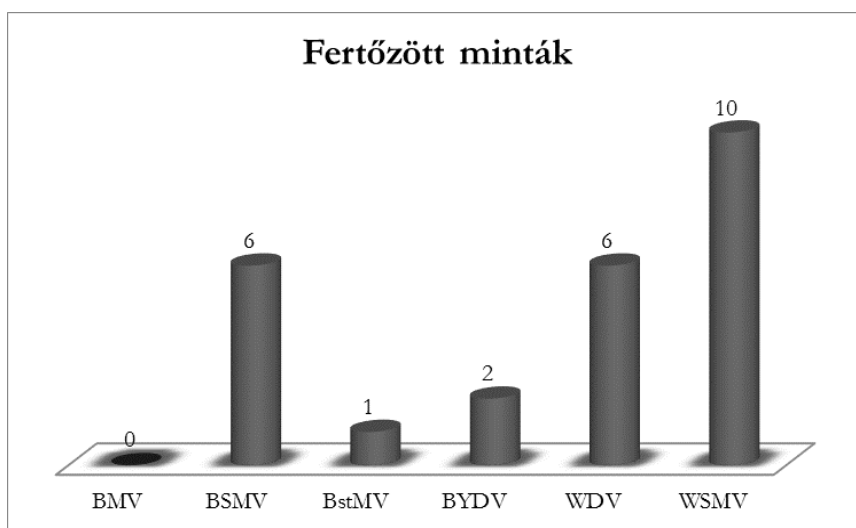
5.4. Gyomvirologiai vizsgálatok

A 27. táblázatban a PANMI levélminták DAS ELISA szerológiai vizsgálatának eredménye látható, a minta gyűjtési időpontjának és helyének feltüntetésével.

27. táblázat: Vírusfertőzöttség a DAS ELISA szerológiai vizsgálat eredménye alapján:

Minta	Gyűjtés helye	Gyűjtés ideje	BMV	BSMV	BstMV	BYDV	WDV	WSMV	
1	Keszthely, Fenyves allé	2014.10.24							
2									
3									
4									
5									
6						+			
7									
8						+			
9						+			
10						+			
11	Lesencefalu								
12									
13									
14							+		
15									
16				2015.09.25					
17									
18									
19								+	
20									
21					+				
22									
23								+	
24									
25								+	
26						+			

Minta	Gyűjtés helye	Gyűjtés ideje	BMV	BSMV	BstMV	BYDV	WDV	WSMV		
27	Lesencefalu	2015.09.25					+	+		
28									+	
29				+						
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36								+		
37								+	+	+
38									+	+
39									+	+
40									+	
41										+
42										+
43										
44										
45										



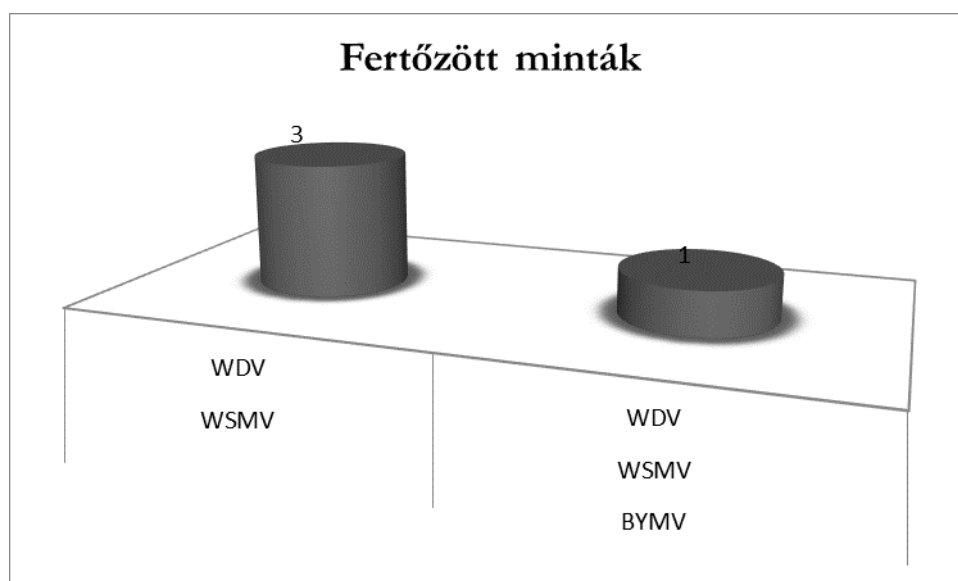
26. ábra: A kölesminták komplex vírusfertőzöttsége a DAS ELISA szerológiai vizsgálat alapján (Forrás: saját kísérlet)

A fenti 26. ábrán a DAS ELISA szerológiai módszerrel igazolt, valamely vírusfertőzést mutató kölesminták számának alakulása figyelhető meg. A 45 mintából 19 esetben sikerült vírusfertőzést igazolni.

A vírus epidemiológiai vizsgálataink alapján legsúlyosabb fertőzést a búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) esetében sikerült diagnosztizálnunk, tíz mintában sikerült a vírust kimutatnunk. Hat mintában búza törpülés vírust (*Wheat dwarf virus*, WDV) diagnosztizálnunk. Az árpa csíkos mozaik vírust (*Barley stripe mosaic virus*, BSMV) szintén hat esetben azonosítottuk a szerológiai vizsgálatok során, továbbá kettő darab árpa sárga törpeség vírussal (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV) fertőzött növényt találtunk.

A rozsnok csíkos mozaik vírust (*Brome streak mosaic virus*, BstMV) egy minta esetében sikerült kimutatnunk. A rozsnok mozaik vírus (*Brome mosaic virus*, BMV) jelenlétét egyetlen esetben sem sikerült a rendelkezésünkre álló mintákból regisztrálnunk.

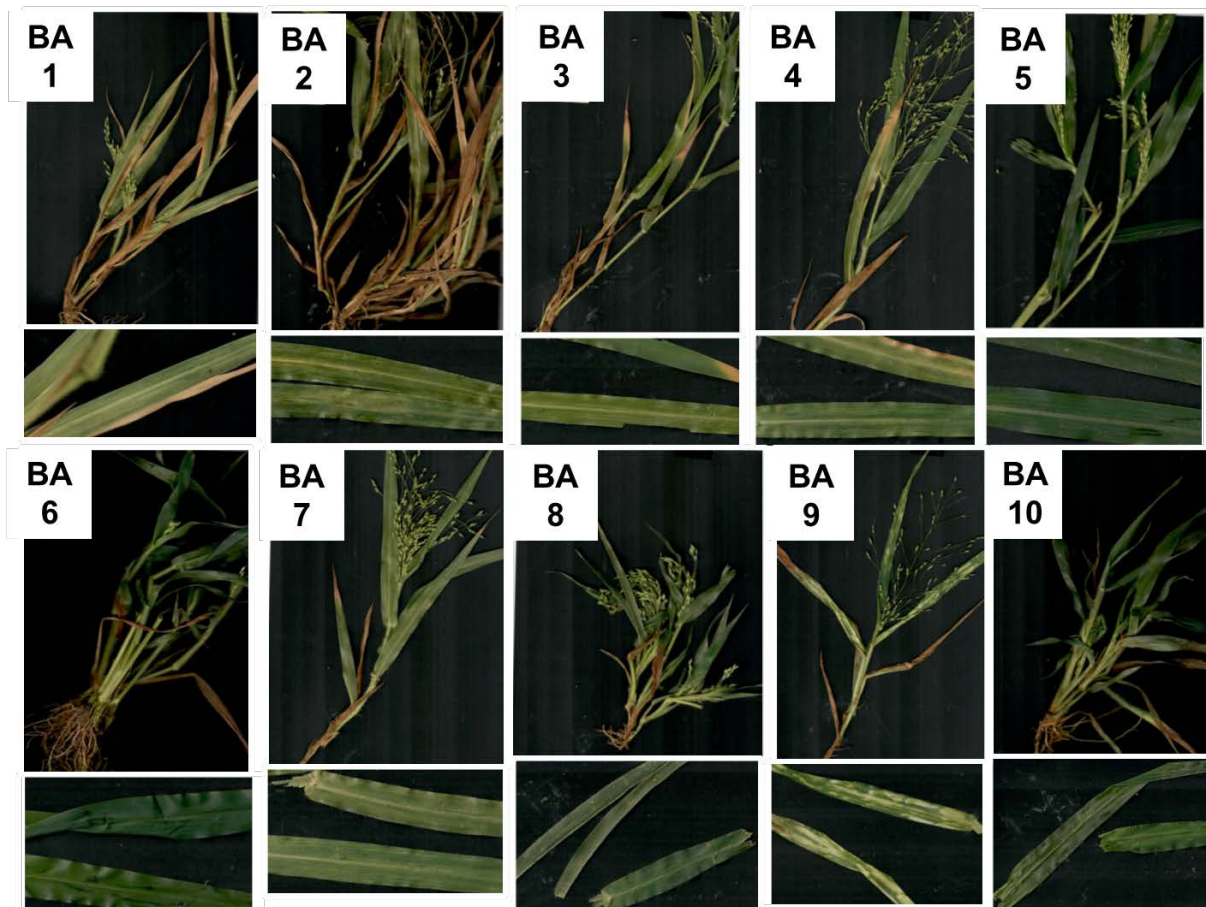
A 27. ábrán a többszörösen vírusfertőzött növényeket tüntettük fel. Négy komplex fertőzést mutató mintát találtunk a vírusdiagnosztikai vizsgálataink során. A búza törpülés vírus (*Wheat dwarf virus*, WDV) és a búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) közös megjelenését három mintában sikerült regisztrálnunk. Egy növény esetében sikerült kimutatnunk a búza törpülés vírus (*Wheat dwarf virus*, WDV), a búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) és az árpa sárga törpeség vírus (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV) együttes jelenlétét.



27. ábra: A komplex fertőzést mutató minták a DAS ELISA szerológiai vizsgálat alapján (Forrás: saját kísérlet)

Két helyről származó kölespopulációk sRNA HTS vizsgálata

2019 augusztusában két mintavételi ponton köles növényekből (*P. miliaceum* subsp. *miliaceum*) vettünk mintát, Magyarország nyugati részén, a Balaton közelében. A köles egyedeket (melyek vírusos fertőzésre utaló tüneteket mutattak) egy kukoricaföld szegetális gyomflórájából gyűjtöttük. A mintavételi terület rendkívül nedves volt, illetve a köles mellett egyéb egynyári és évelő egyszikű gyomnövény is jelen volt. A „Budos-arok” (BA) területen burgonyát, míg az „Ujmajor-susnyas” (US) területen búzát termesztettek az előző évben. Mind a BA-nál, mind az USA-ban 10 növényből vettünk mintát véletlenszerűen, változatos tüneteket mutató növényekből (28. ábra).



28. ábra: A begyűjtött kölesminták scannelt képei

28. táblázat: A begyűjtött növényekből vet minták származási helye, száma, és az észlelt tünetek.

Könyvtárkód		minták száma az RNS- vizsgálathoz			tünetek
		levél	gyökér	termés	
BA	1	4	2	2	törpülés, mozaik
	2	4	2	2	törpülés, mozaik
	3	3	2	2	enyhe törpülés és mozaik
	4	2	n	2	mozaik
	5	4	2	2	enyhe törpülés erős mozaik
	6	4	2	2	törpülés, mozaik
	7	3	1	1	törpülés, mozaik
	8	4	1	2	törpülés, barna elszíneződés
	9	2	1	1	törpülés, klorotikus foltok
	10	4	2	n	törpülés, léha magok
US	11	4	2	2	tünetmentes
	12	4	1	1	gyenge klorózis
	13	3	1	1	enyhe mozaik
	14	3	1	1	tünetmentes, az internódiumok kissé ragacsosak
	15	3	1	1	enyhe mozaik
	16	4	1	1	normál növekedés, erős mozaik
	17	2	n	1	gyenge mozaik
	18	3	1	1	törpülés
	19	4	1	1	törpülés, klorózis
	20	3	n	1	törpülés, mozaik

A levél-, gyökér- vagy fejlődő magvakból kivont RNS-t használtuk az sRNS könyvtár készítéséhez, amely ugyanazon területről, különböző egyedekből származó RNS-ekből állt. Egy szekvenáló könyvtár készült mindkét helyről: a BA és az USA szekvenálására az Illumina platformon került sor. A vírusdiagnosztika kezdetben a szekvenált 19,5 és 31,7 millió sRNS leolvasáson alapult.

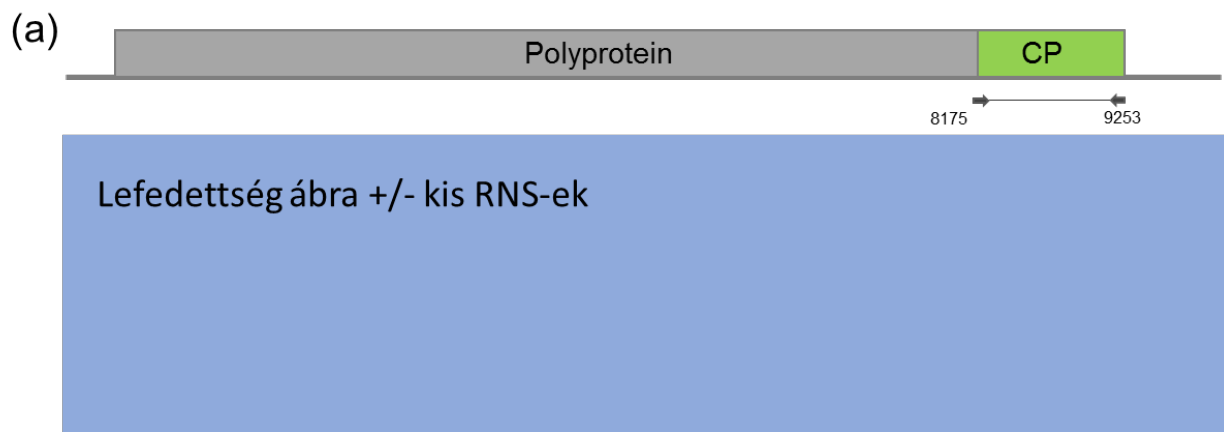
Bármely vírusspecifikus contig jelenlétét vagy a vírusgenom 60% -nál nagyobb lefedettségét küszöbértékként határoztuk meg egy specifikus vírus jelenlétére. Ezen elemzés alapján öt

növényt fertőző vírus jelenlétét fedeztük fel. A WSMV, BYSMV, YOgMV és ONMV jelenlétét mindkét területről kimutattuk, míg az árpa G (BVG) vírus csak az USA jelű mintában volt jelen. A YOgMV és az ONMV esetében, szemben a vírusspecifikus kontigok jelenlétével és a nagyszámú normalizált redundáns leolvasással, a vírusgenom lefedettsége nagyon alacsony volt. A YOgMV és az ONMV a WSMV közeli rokonai, mivel a Potyviridae család rymovírusai.

Annak tesztelésére, hogy ezeknek a vírusoknak a megjelölésével ellátott contigok, a WSMV contigok a genom konzerválódott részéből származnak-e, a YOgMV és ONMV specifikus contigok renototálását végeztük el. Az eredmények azt mutatták, hogy több mint 95% -ban hasonlítanak a WSMV referenciagenomhoz, és WSMV-ként is fel lehet tüntetni, ezért a YOgMV-vel és az ONMV-vel való fertőzés hamis pozitívnak minősült, és a validáció a WSMV-re, BYSMV-re és BGV-re történt meg.

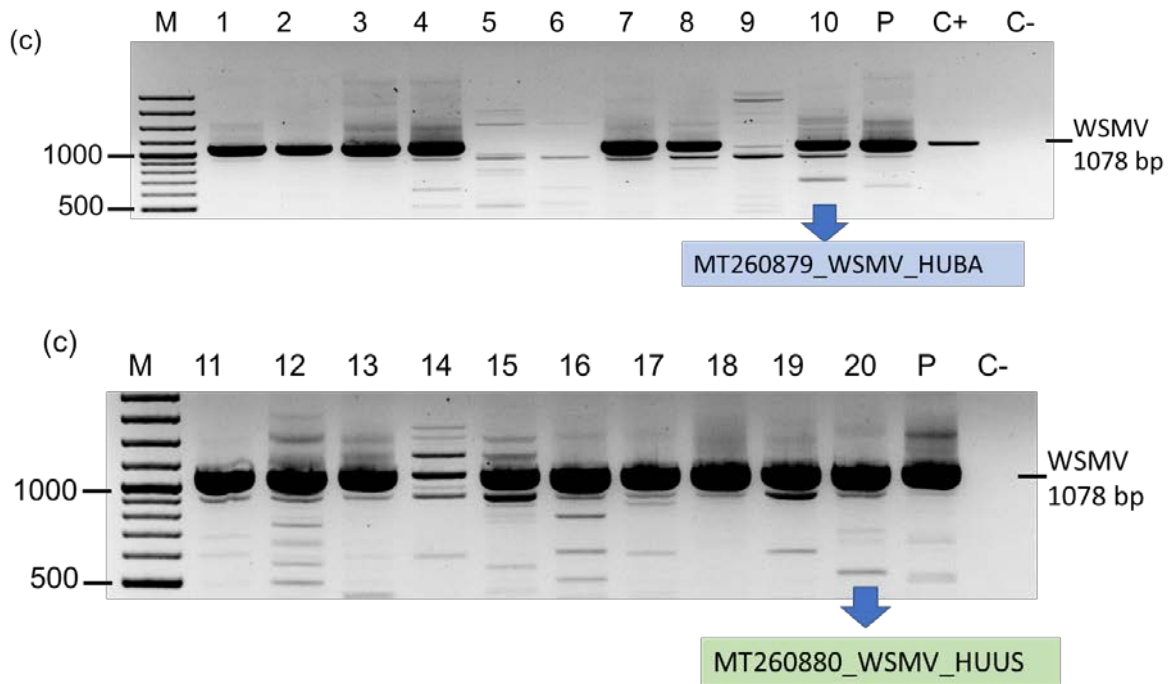
A köles gyomosító alakjának WSMV fertőzöttsége

A WSMV jelenlétét mindkét mintavételi helyen kimutattuk. A vírus genomját nagymértékben és egyenletesen fedte be elsősorban 21 hosszú sRNS, mind szensz, mind antiszensz orientációjú (29. ábra).



29. ábra: WSMV lefedettség a BA és USA mintáknál

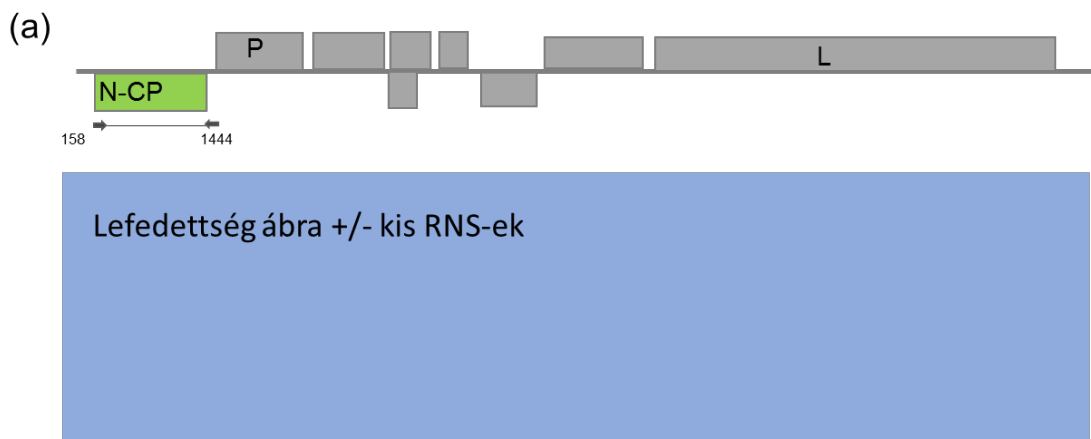
Az RT-PCR elemzés kimutatta, hogy a mintában szereplő egyének erősen fertőzöttek WSMV-vel. Hét, illetve kilenc egyént fertőzöttek a BA-ban és az USA-ban (30. ábra).



30. ábra: A BA és USA mintavételi helyről gyűjtött minták vírusfertőzöttsége az RT-PCR alapján

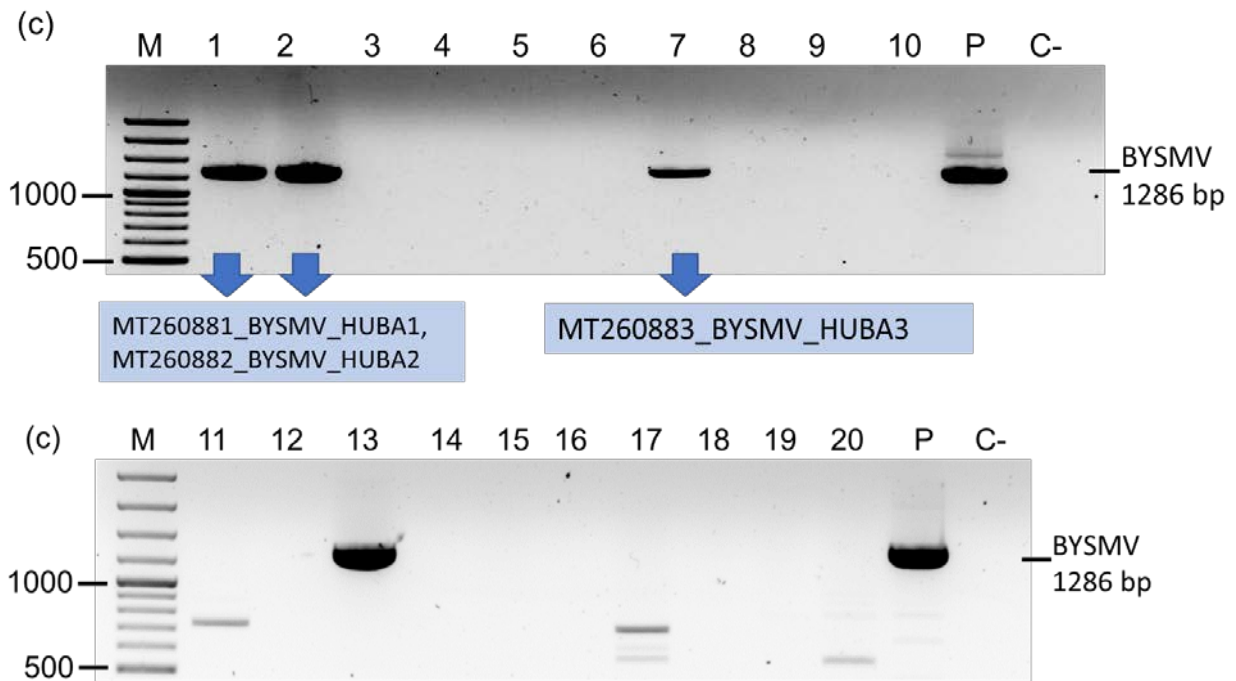
A BYSMV különböző törzsei vannak jelen a két vizsgált mintavételi területen

Az sRNA HTS szerint mindkét mintavételi helyen BYSMV-vel fertőzöttek voltak a köles egyedek. Mindkét könyvtárban szekvenáltunk nagy mennyiségű, főleg 21nt BYSMV sRNS-t, amelyek lefedik ennek a citorhabdovírusnak a teljes genomját (32. ábra).



32. ábra: A BA és USA mintavételi területekről származó mintákban megtalált BYSMV lefedettségi ábrája.

A növényekből vett minták RT-PCR validációs tesztje, amely a vírus CP-kódoló régióját amplifikálja, kimutatta három (BA-ban) és egy (USA-ban) mintában a vírus jelenlétét (33. ábra).

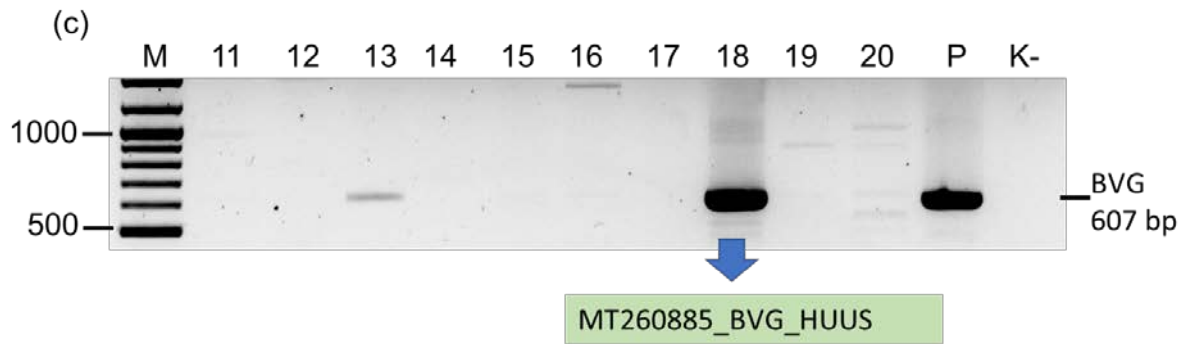


33. ábra: A BA és USA mintavételi helyről gyűjtött minták BYSMV vírusfertőzöttsége az RT-PCR alapján

A CP-kódoló régióra vonatkozó szekvenciainformációk csak a referencia-genomból érhetőek el, így lehetséges az azonosított törzsek filogenetikai eredetének elemzése. A BYSMV_HUUS és a BYSMV_HUBA3 azonosnak bizonyult, bár különbözik a BYSMV_HUBA1-től és a BYSMV_HUBA2-től. Ez azt jelenti, hogy kissé eltérő változatok vannak jelen, amelyek nem csak egy helyen, hanem egymáshoz rendkívül közel is helyezkednek el. Az új magyar BYSMV törzsek filogenetikai eredetével kapcsolatos részletesebb elemzéshez nagyon egyszerű következtetéseket levonni az sRNS HTS-ből. Sajnos, bár az sRNS leolvasása egyenletesen oszlik meg a genomban, a lefedettség nem teszi lehetővé ezt az összehasonlítást közvetlenül. Ezért van szükség a törzsek RdRp kódoló régióinak szekvenálására a jövőben annak érdekében, hogy a származási forrást feltételezzük.

BVG, melynek jelenlétét eddig nem igazolták Magyarországon

Az USA jelű mintánál az sRNA HTS kimutatta a nemrégiben leírt polerovírus, a BVG jelenlétét. Nagyszámú BGV-eredetű, főleg 21 n hosszú, sRNS-t azonosítottunk, de a vírusgenomot csak az USA mintában sikerült leírni. A CP-kódoló régiót amplifikáló, BVG-specifikus primerekkel végzett RT-PCR validáció során kiderült, hogy csak egy növény fertőzött a vírussal (34. ábra).



34. ábra: Az egy minta fertőzöttségét igazoló PCR-teszt.

Az US sRNA-nál a HTS kimutatta a nemrégiben leírt polerovírus BVG jelenlétét. Nagyszámú BGV-eredetű, főleg 21 n hosszú, sRNS-t azonosítottak, és a vírusgenomot csak az US mintában sikerült leírni. A CP-kódoló régiót amplifikáló, BVG-specifikus primerekkel végzett RT-PCR validáció során kiderült, hogy csak egy növény fertőzött a vírussal.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Csírázásbiológiai vizsgálatok

Tanulmányoztuk három kölesfaj két különböző magmintájának csírázását a hőmérséklet függvényében.

Korábbi kísérletek bizonyították, hogy a termesztett köles kivadult alakja nem rendelkezik magnyugalommal, képes a folyamatos csírázásra, amint a megfelelő környezeti tényezők a rendelkezésükre állnak (Hunyadi et al, 2011). Ez a stratégia a törzsalak fennmaradása szempontjából nem előnyös, mivel csak tranzit magbankot képez (Colosi et al, 1988). Viszont több kölesfaj is folytat egy más típusú stratégiát, mely során a magok csírázása nem egyszerre zajlik, az első évben csupán a magok 1/3-a csírázik ki Ilyen faj például a *Panicum riparium* is (Kazinczi et al, 2015).

Laborkísérletünk bizonyította, hogy a vizsgált kölesek 20 celsius-foktól 35 celsius-fokig stabilan csíráképesek, és a csírák a megemelt hőmérsékleten sem károsodnak, illetve a fejlődésükben sem tapasztaltunk visszaesést.

A *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* mintáknál tapasztaltuk, hogy az 1985-ből származó, mélyhűtött magminta produkálta a legnagyobb hajtás- és gyökérhosszt. A tarjáni minta fejlődése rendkívül hasonló volt a *Panicum miliaceum* subsp. *ruderales* mintákhoz.

A *Panicum riparium* minták a kisebb magméret miatt gyengébb fejlődést mutattak, a csírázási százalékánál is mutatkozott egy gyenge visszaesés a többi fajhoz képest, de a gyengébb csírázást az apró magvak és a kevesebb elraktározott tápanyag okozta, a hőmérséklet nem befolyásolta jelentősen a csíranövények fejlődését. Viszont a nagykállói minta mind hajtás- mind gyökérhosszban nagyobb vitalitást mutatott, mint a mérki minta.

A vizsgált kölesfajokról bebizonyosodott, hogy laborkörülmények között a hőmérséklet 35 °C-ig történő emelésével nem tudjuk befolyásolni a csírázást. E tapasztalat arra enged következtetni, hogy szántóföldi körülmények között, amennyiben megfelelő mennyiségű csapadék áll rendelkezésre, a köles fajok a teljes tenyészidőszakban képesek csírázni. A különböző termőhelyről származó minták csírázóképessége között jelentős különbséget tapasztaltunk, tehát a termőhely befolyásolja a magok csírázását és a csíranövények fejlődését.

Kompetíciós vizsgálatok

Annak ellenére, hogy a kukorica az egyik legnehezebben gyommentesen tartható kultúránk, viszonylag kevés kutatás foglalkozik a kompetíció vizsgálatával a kukorica és egyes gyomnövényei között Rajcan és Swanton szerint (2001). Mára regngeteg kutatás bizonyította ennek ellenkezőjét, viszont a kukorica és a köles közötti versengés vizsgálatáról rendkívül kevés információ áll rendelkezésre.

Wilson és Westra (1991) tapasztalatai alapján a termesztett köles rendkívül erős kompetítora a kukoricának. Amennyiben a kukorica állományban a kelés időpontjától 10 db/m²-nél több *P. miliaceum* található, az 11-22 %-os termés kiesést okoz, és amennyiben a kölesek nem távolítjuk el két héten belül, további 10 %-os termés kieséssel számolhatunk, 6 hetes késéssel számolva további 16-28%-os termés kiesés várható.

Az elmúlt 40 év kutatásai azt mutatják, hogy a *P. miliaceum* faj- és fajtakomplex domináns gyomnövény kukoricában, átlagosan 10 %-os borítással (Novák et al, 2009). Erős kompetítora a kukoricának, viszont az új kölesfajok hazánkban való megjelenése és terjedése indokoltá tette az új fajok kompetitor szerepének vizsgálatát.

Kutatásunk célja a különböző köles fajok kompetíciójának tanulmányozása. A tenyészedényekben a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és *P. miliaceum* subsp. *rudemale* fajok esetében a köles egyedszámának növelésével a kukorica növények fejlődése lelassult, csökkent a hajtások hossza, a hajtás- és a gyökértömeg is. A kölesek friss gyökértömege az egyedszám növekedésével nőtt, viszont a légszáraz gyökértömegben minimális csökkenés mutatkozott csak. Ennek oka az intraspecifikus kompetíció, mely következményeként a kölesek nem voltak képesek több szárazanyagot beépíteni.

A vizsgált fajok közül a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* bizonyult a legerősebb kompetítornak, hasonlóképpen a *P. miliaceum* subsp. *rudemale*, viszont a *P. riparium* faj sokkal gyengébb növekedésű, ezért a kísérletben nem bizonyult erős versenytársnak. A két, különböző helyről gyűjtött *P. rudemale* minta között jelentős különbségeket tapasztaltunk. A kukorica fejlődését eltérően befolyásolták, így eredményünk megerősíti a környezeti tényezők hatását a kompetícióban.

Allelopátia vizsgálatok

Sok éves kutatómunka bizonyítja, hogy jelentős számú egyszikű faj termel allelokemikáliákat. Az alábbi egyszikű kultúrnövényeinkről bebizonyosodott, hogy lebomlásuk során növekedésgátló anyagok keletkeznek; búza és a zab (Börner, 1960). Putnam és Defrank (1983) is arról számol be, hogy vizsgálataik szerint bizonyos növényi maradványoknak

csírázáscsökkentő hatása van. Hasonlóan jó a cirok, az árpa, a búza és a zab növényi maradványainak bizonyos gyomokra kifejtett csírázásgátló hatása (Kommendahl et al, 1959; Steinsiek et al, 1982). A szakirodalomban nem találtunk adatokat arról, hogy a kölesfajoknak van-e allelopatikus hatásuk.

Laboratóriumi kísérleteink során vizsgáltuk a természetű köles (*Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum*), a gyomköles (*Panicum ruderales*), és a parti köles (*Panicum riparium*) légszár, leveles szár kivonatainak hatásait a kukorica csírázására illetve a csíranövények hajtásainak és gyökereinek fejlődésére.

Kísérleteink eredményei alapján a *P. miliaceum* és a *P. miliaceum* subs. *ruderales* nem mutat gátló allelopatikus hatást a kukorica csírázására, ellenkezőleg, a kezdeti fejlődéskor, serkentő hatást tapasztaltunk. A *Panicum miliaceum* kivonatok csírázást serkentő hatást mutatnak, ahogy azt Prutenskaya (1974) is bizonyította.

Ez lehet a kivonatban lévő tápanyagok pozitív hatása is. Ugyanakkor a 7,5% koncentrációjú kivonat hatására csökkent a csírázás és növekedés mértéke a 2,5 és 5%-os kezelésekhez képest, mely akár annak is következménye lehet, hogy megnövekedett a közeg ozmotikus potenciálja. A parti köles (*P. riparium*) hajtáskivonatai viszont gátolták a kukorica csírázását és növekedését, ami a kivonatban jelenlévő allelokemikáliák hatására utal. A kölesfajok fitokémiai analízisét is el kellene végezni a közeljövőben, hogy megismerjük az általuk termelt allelokemikáliák minőségét és mennyiségét.

Tenyészedényes kísérletünkben a tenyészedény talajába forgatott *Panicum miliaceum* subsp. *miliaceum* hajtás a laborkísérlet eredményével ellentétben gátolta a kukorica csírázását, valamint a hajtás és a gyökér növekedését, kivéve a 7,5%-os kezelést, ahol nem szignifikáns mértékben segítette azt. Ennek oka szintén a növényi maradványokból kioldódó többlettápanyag lehet.

Összesítve, a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* vizsgálataink alapján nem rendelkezik negatív irányú allelopatíával, a *P. riparium* viszont igen. Gyakorlati szempontból nézve ez rendkívül fontos eredmény, mivel a *P. riparium* viszonylag „új” faj Magyarországon (Király et al, 2009), veszélyességét vizsgáló kutatások csak az elmúlt néhány évből vannak. Véleményem szerint a *P. riparium* további vizsgálata mindenképpen indokolt, Virologiai vizsgálatok

Eredményeink rámutatnak, hogy a természetű köles gyomosító alfajai a közvetlen kompetitív hatásukon túlmenően jelentős szerepet játszhatnak egyes gabonavírusok terjesztésében. Mindezek figyelembevételével kiemelt jelentőségű a gyomok elleni védekezés, a

gyomnövény köles fajok terjedésének a megelőzése. Pontos szakirodalmi adatok nem álltak rendelkezésre, melyek a vizsgált *P. miliaceum* faj vírushordozó szerepét leírták volna.

Az általunk gyűjtött mintákban (a DAS ELISA szerológiai módszer segítségével) a WSMV, a WDV és a BSMV által történő fertőzések számottevőbbek voltak a BYDV és a BstMV vírusokhoz képest. A BMV jelenlétét a vizsgált mintákból nem tudtuk igazolni.

A kisRNS vizsgálatunk rámutat arra, hogy vírusrezervoár szerepe van a kölesnek, ezért is fontos az ellen való védekezés földjeinken. A különböző kládokhoz tartozó WSMV azonosítása megerősíteni látszik Schubert és munkatársai hipotézisét, miszerint a vírusok a szegetális gyomflórában szaporodnak fel, és a szántóföld határán növekvő évelő fűfélékben maradnak fent (Schubert et al, 2015). A jövőben felméréseket kell végezni annak érdekében, hogy megtudjuk, milyen széles körben elterjedt ez a mechanizmus, és mely mezőgazdasági szempontból fontos vírusok használhatják ezt a stratégiát. Eredményeink nemcsak a vírusok jelenlétét, hanem a meglévő variánsaikát is leírják, amelyeket figyelembe kell venni az rezisztencianemesítés során, hogy elkerüljük az új variánsok rezisztencia-áttörő képességét.

A jövőben indokolt lehet a köles (*Panicum miliaceum* L.) vírusepidemiológiai láncban betöltött szerepének vizsgálata a kukorica csíkos mozaik vírus (*Maize dwarf mosaic virus*, MDMV) tekintetében is. Továbbá az utóbbi időben terjedő inváziós kölesfajok (*Panicum riparium*, *Panicum dichotomiflorum*) vírusepidemiológiai láncban betöltött szerepének meghatározása kukorica- és gabonapatogén vírusok tekintetében.

7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

7.1 Magyar nyelvű tézispontok

A négy kísérleti évben végzett laboratóriumi in vitro, valamint tenyészedenyes kísérletek eredményei alapján az alábbi új tudományos eredményeket állapítom meg:

1. A *P. miliaceum* subsp. *miliaceum*, és a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* csírázására a 20-35 C hőmérsékleti tartomány nincs negatív hatással, az emelkedő hőmérséklet a két alfaj csírázását nem befolyásolja. A *P. riparium* csírázását az emelkedő hőmérséklet nem szignifikánsan csökkenti.
2. Tenyészedenyes kompetíciós kísérleteink alapján a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum* és *P. miliaceum* subsp. *ruderales* fajok vizsgált mintái kontrollált körülmények között, tenyészedenyes vizsgálatban erős kompetítornak bizonyultak a kukoricával szemben, mely megmutatkozott mind a növények növekedésében, mind a beépített száraanyag-mennyiség tekintetében. A kukorica növekedését és fejlődését a *P. riparium* szignifikánsan nem tudta befolyásolni az adott körülmények között.
3. Laboratóriumi allelopátia vizsgálatokkal bizonyítottuk, hogy a *P. miliaceum* subsp. *miliaceum*, és a *P. miliaceum* subsp. *ruderales* hajtáskivonata nem rendelkezik negatív irányú allelopátiával a kukorica csírázására és kezdeti növekedésére, a kezdeti fejlődés során hajtásnövekedés serkentő hatást tapasztaltunk. A *P. riparium* csírázásgátló hatással rendelkezik, és szignifikánsan gátolja a kukorica hajtás- és gyökérnövekedését. A tenyészedenyes allelopátiás kísérletben a *P. miliaceum* szignifikánsan gátolta a kukorica csírázását, valamint a hajtás- és a gyökérnövekedést is.
4. A *P. miliaceum* virológiai (DAS ELISA) vizsgálata során bizonyítottuk, hogy többféle gabonavírus is képes fertőzni a fajt. A 45 vizsgált mintából 19 bizonyult fertőzöttnek. Az általunk gyűjtött mintákban a WSMV (10), a WDV (6) és a BSMV (6) által történő fertőzések számottevőek voltak a BYDV (2) és a BstMV (1) vírusokhoz képest. Továbbá diagnosztizáltunk komplex fertőzéseket is.
5. A kisRNS vizsgálatok bizonyították, hogy a *Panicum miliaceum* a WSMV új gazdanövényeként jelenik meg hazánkban.
6. A Magyarországon eddig még nem diagnosztizált BYSMV különböző törzseit sikerült kimutatnunk egymáshoz közel elhelyezkedő mintákból. Továbbá sikerült kimutatnunk a Barley virus G-t is, melyet eddig szintén nem írtak le Magyarországon.

7.2 Angol nyelvű tézispontok

Based on the results of laboratory in vitro and pot experiments performed during the four experimental years, I conclude the following new scientific results:

1. The germination of *P. miliaceum subsp. miliaceum*, and *P. miliaceum subsp. ruderale* is not affected negatively by the temperature range of 20-35 C, rising temperatures do not affect the germination of the two subspecies. Germination of *P. riparium* is not significantly reduced by rising temperature.

2. Based on our pot competition experiments, *P. miliaceum subsp. miliaceum* and *P. miliaceum subsp. ruderale* species tested under controlled conditions in a pot experiment proved to be a strong competitor to maize, showing both plant growth and incorporated dry matter content.

The growth and development of maize could not be significantly affected by *P. riparium*.

3. We have demonstrated by laboratory allelopathy experiment that *P. miliaceum subsp. miliaceum*, and *P. miliaceum subsp. ruderale* shoot extract does not have negative allelopathy to maize germination and initial growth, during the initial development we observed a shoot growth stimulating effect.

P. riparium has an anti-germination effect and significantly inhibits the shoot and root growth of maize.

In the allopathic pot experiment, *P. miliaceum subsp. miliaceum* significantly inhibited maize germination as well as shoot and root growth.

4. In the virological examination of *P. miliaceum* (DAS ELISA) we proved that several grain viruses can infect the species. Of the 45 samples tested, 19 were found to be infected. In the samples we collected, infections by WSMV (10), WDV (6), and BSMV (6) were significant compared to BYDV (2) and BstMV (1) viruses. We also diagnosed complex infections.

5. The small RNA studies proved that *Panicum miliaceum* appears as a new host plant of WSMV in Hungary.

6. We managed to detect different strains of BYSMV (Barley yellow striate mosaic virus), which have not been diagnosed in Hungary yet. Furthermore, we managed to detect Barley virus G, which has not been described in Hungary so far.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Nádasyné Dr. Ihárosi Erzsébetnek a kísérletekben, tudományos anyagok elkészítésében, dolgozat összeállításában nyújtott rengeteg segítséget.

Továbbá köszönöm a Növényvédelmi Intézet régi és új kollégáinak hozzájárulását munkám sikerességéhez.

Köszönettel tartozom Dr. Várallyay Évának és kutatócsoportjának a kisRNS vizsgálatoknál nyújtott segítségért.

Köszönöm családomnak, barátaimnak, hallgatóimnak és mindenkinek, aki bármilyen módon hozzájárult munkámhoz.

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abdul-Vahab A. S., Rice E. L. (1967): Plant inhibition by Johnson grass and its possible significance in old-field succession. *Bull. Torrey Bot. Club*, 94. 486.
2. Aliscioni, S., Giussani, L., Zuloaga, F. O., Kellogg, E. (2003): A molecular phylogeny of *Panicum* (*Poaceae: Paniceae*): Tests of monophyly and phylogenetic placement within the *Panicoideae*. *American Journal of Botany*, 90.796-821.
3. Amadou, I., Gounga, M. E., and Le, G. W. (2013). Millets: nutritional composition, some health benefits and processing-A review. *Emirates J. Food Agric.*, 25. 501–508.
4. Amarell, U. (2013a): *Panicum barbipulvatum* (= *Panicum riparium*) in Baden-Württemberg. *Berichte der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwest-deutschlands*, 6. 3-21.
5. Amarell, U. (2013b): *Panicum riparium* H. Scholz – eine neoindigene Art Europas? *Kochia*, 2. 1-24.
6. Amirkhanov, K. A. (1987): Chokhscoe poselenie: chelovek i ego kultura v mezolite i neolite gornogo Dagestana. (Chokh settlement: Man and his culture in the Mesolithic and Neolithic of mountainous Dagestan, in Russia), Nauka, Moscow.
7. Barkworth, M. E., Anderton, L. K., Capels, K. M., Long, S., Piep, M. B. (2007): *Manual of grasses for North America north of Mexico*. Utah State University Press, 289-296.
8. Baskin, J. M., Baskin, C.C. (1985): Seasonal changes in the germination responses of buried with grass seeds. *Weed science*, 34. 22-24.
9. Behrendt, S., Hanf, M. (1979): A szántóföldek gyompázsitfüvei. BASF, Ludwigshafen. 105.
10. Béres I. (1983): A parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) allelopatikus hatásának vizsgálata. *Növényvédelem*, 19. 265–266.
11. Béres I. (1993): A nátrium-klorid koncentráció, a pH és a szárazságstressz hatása néhány gyomnövényfaj csírázására. *Növénytermelés*, 42. 4. 317-322.
12. Béres I. - Csorba, R. (1992): Adatok a *Cirsium arvense* (L.) Scop. biológiájához. *Növényvédelem*, 28. 322–327.
13. Béres I. – Puchla N. (1993): A környezeti tényezők hatása a (*Panicum miliaceum*) csírázására. 39. *Növényvédelmi Tudományos napok*, Budapest, Összefoglaló. 135.
14. Bettinger, R. L., Barton, L., Richerson, P. J., Boyd, R., Wang, H., and Choi, W. (2007). The transition to agriculture in northwestern China. *Dev. Quat. Sci.* 9, 83–101.
15. Bettinger, R. L., Barton, L., and Morgan, C. (2010a). The origins of food production in north China: a different kind of agricultural revolution. *Evol. Anthropol.* 19, 9–21.
16. Bettinger, R. L., Barton, L., Morgan, C., Chen, F., Wang, H., Guilderson, T. P., et al. (2010b). The transition to agriculture at Dadiwan, People’s Republic of China. *Curr. Anthropol* 51, 703–714.

17. Bocz E., Késmárki I., Kováts A., Ruzsányi L., Szabó M. (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda kiadó, Budapest, 354-356.
18. Bonner J., Galston A. W. (1944): Toxic substances from the culture media of guayule which may inhibit growth. Bot. Gaz., 106. 185–198.
19. Bough, M. A., Colosi, J. C., Cavers, P. B. (1986): The major weedy biotypes of proso millet (*Panicum miliaceum*). Canadian Journal of Botany, 64, 1188-1198.
20. Bough, N., Cavers, P. B. (2009): Proso millet- Factsheet. Retrieved 11/7/2009.
21. Börner H. (1960): Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. Bot. Rev., 26. 393–424.
22. Brakke M.K. (1971): Wheat streak mosaic virus. Descriptions of Plant Viruses. Commonw. Mycol. Inst., Assoc. Appl. Biol. Kew, Surrey 48.
23. Callaway M. B. (1992): A compendium of crop varietal tolerance to weeds. Am. J. Alt. Agric., 7. 4. 169-180.
24. Carpenter J. L., Hopen H. J. (1985): A comparison of the biology of wild and cultivated proso millet (*Panicum miliaceum*). Weed Science, 33, 795-799.
25. Cavero J., Zaragoza C., Bastiaans L., Suso M. L., Pardo A. (2000): The relevance of morphological plasticity in the simulation of competition between maize and *Datura stramonium*. Weed Research, 44. 2. 408-412.
26. Changmei, S., and Dorothy, J. (2014). Millet-the frugal grain. Int. J. Sci. Res. Rev., 3. 75–90.
27. Clements F. E. (1929): Experimental methods in adaptation and morphogeny. Journal of Ecology.
28. Clements D. R., Ditomaso A., Darbyshire S. J., Cavers P. B., Sartonov A. D. (2004): The biology of Canadian weeds. 127. *Panicum capillare*. Can. J. Plant science, 84, 327-341.
29. Colosi J. C., Cavers P. B., Bough M. A. (1988): Dormancy and survival in buried seeds of proso millet (*Panicum miliaceum*). Can. J. Bot., 66. 161-168.
30. Colton C. E., Einhellig, F. A. (1980): Allelopathic mechanisms of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic. Malvaceae) on soybean. Am. J. Bot., 67. 407.
31. Czímber Gy., Csala G. (1974): Adatok a monokultúrás kukoricavetésekben gyomosodást okozó köles (*Panicum miliaceum* L.) terjedéséről. Növénytermelés, 23. 207-217.
32. Czímber Gy., Hartmann F. (2006): Köles nemzetség (*Panicum spp.*). In: Benécsné Bárdi G. et al. (szerk.): Veszélyes 48, veszélyes, nehezen irtható gyomnövények és ellenük való védekezés. Mezőföldi Agrofórum Kft., Szekszárd, 218-224.
33. Csala G. (1975): A bábolnai monokultúrában termesztett kukoricavetések gyomnövényzete, vegyszeres gyomirtása, különös tekintettel a nagyarányú gyomosodást okozó kölesre. Doktori értekezés, Mosonmagyaróvár. 171.
34. Csiky J., Király G., Oláh E., Pfeiffer N., Virók V. (2004): *Panicum dichotomiflorum*, a new element in the Hungarian flora. – Acta Botanica Hungarica, 46. (1-2). 137-141.

35. Eberlein C. V., Lurvey E. L., Miller T. L., Michael J. L. (1990): Growth and development of wild proso millet (*Panicum miliaceum*) biotypes. *Weed technology*, 4. (2). 415-419.
36. Fekete R. (1963): Változások a szántóföldi gyomnövényzetben. *MTA Agrártudományi Osztály Közleménye*, 22. 377-393.
37. Felsenstein, J. (1985) Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the Bootstrap. *Evolution*, 39. 783-791.
38. Fischl G. (1991): Az árpa betegségei. Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaság tudományi Kar, Növényvédelmi Intézet, Keszthely, 18-19.
39. Fottrell P. F., O'connor, S., Masterson C. L. (1964): Identification of the flavonol myricetin in legume seeds and its toxicity to nodule bacteria. *Ir. J. Agr. Res.* 3. 246–249.
40. Freckmann, R. W., Lelong, M. G. (2003): *Panicum* L. In: Barkworth, M. E., Capels, K. M., Long, S., Piep, M. B. (eds.), *Flora of North America* 25, Oxford University Press, New York. 450-488.
41. Freckmann, R. W., Lelong, M. G. (2007): *Panicum* L. In: Barkworth, M. E., Capels, K. M., Long, S., Piep, M. B. (eds.), *Manual of Grasses for North America*, Intermountain Herbarium & Utah State University Press, Logan, Utah. 289-296.
42. French R., Robertson N. L (1994): Simplified sample preparation for detection of Wheat streak mosaic virus and Barley yellow dwarf virus by PCR. *J. Virol. Methods*, 49. 93-99.
43. Friebe, A., Schulz, M., Kuck, P., Schnabl, H. (1995): Phytotoxins from shoot extracts and root exudates of *Agropyron repens* seedlings. *Phytochemistry* 38. 1157–1159.
44. <https://www.gabonakutato.hu/hu/alternativ-lehetosegek-a-szantofoldi-novenytermesztesben>
45. Gáborjányi R., Bisztray GY., Vacke J. (1988): Búza törpülés vírus: új gabonapatogén Magyarországon. *Növénytermelés*, 37. 495-500.
46. Gáborjányi R., Bisztray GY. (1989): Isolation and characterization of wheat dwarf virus found for the first time in Hungary. *Z. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 96. 449-454.
47. Gottshall R. Y., Lucas, E. H., Lickfeldt, A., Roberts, J. M. (1949): The occurrence of antibacterial substances active against *M. tuberculosis* in seed plants. *J. Clin. Invest.*, 28. 920-923.
48. Götz R., Maiss E. (1995): The complete nucleotide-sequence and genome organization of the mite-transmitted brome streak mosaic rymovirus in comparison with those of potyviruses. *Jgen. Virol.*, 76. 2035-2042.
49. Gressel J. B., Holm L. G. (1964): Chemical inhibition of crop germination by weed seeds and the nature of inhibition by *Abutilon theophrasti*. *Weed Research*, 4. 44–53.
50. Guitierrez C. (1999): Geminivirus DNA replication. *Cellular and Molecular Life Science*, 56. 313-329.

51. Habili N., McInnes J. L., Symons R. H. (1987): Nonradioactive, photobiotinlabelled DNA probes for the routine diagnosis of barley yellow dwarf virus. *J. Virological Methods*, 16. 225-237.
52. Haraszti E., Bokori J. (1963): Mérgező és szennyező növények a takarmányban. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 20-23.
53. Harrison S. C. (1984): Multiple modes of subunit association in the structures of simple spherical viruses. *Trends in Biochemical Sciences*, Elsevier.
54. Harvey R. G. (1979): Serious new weed threat: wild proso millet. *Crop Soils magazine* 31. 10-13.
55. Harvey R. G., Porter D. J. (1990): Wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) control in soybeans (*Glycine max*) with postemergence herbicides. *Weed Technology*, 4. 420-424.
56. Hoffmanné P. Zs., Magyar L. (2012): A kései köles (*Panicum dichotomiflorum* Michx.) vegyszeres gyomszabályozási lehetőségeinek vizsgálata. 58. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 63.
57. Hohla, M. (2006): *Panicum riparium* – Neu für Österreich – und weitere Beiträge zur Kenntnis der Adventivflora Österreichs. *Neulreichia*, 4. 9-44.
58. Holm, L., Pancho, J. V., Herberger, J. P., Plucknett, D. L. (1979): A geographical atlas of World weeds. John Wiley & Sons, New York, NY. 391.
59. Hortobágyi T. (1963): Élővilág. Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat, Budapest.
60. Horváth J., Fischl G., Kadlicskó S., Kiss E. (1995): A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda kiadó, Budapest, 17-18., 44-47.
61. Horváth J., Gáborjányi R. (1999): Növényvírusok és növényvirológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
62. Hunt, V. H., Linden, V. M., Liu, X., Motuzaite-Matuzeviciute, G., Colledge, S., Jones, K. M. (2008): Millets across Eurasia: chronology and context of early records of the genera *Panicum* and *Setaria* from archaeological sites in the Old World. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17. (1). 5-18.
63. Hunyadi K. (1988): Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
64. Hunyadi K., Béres I. (2000): Fontosabb herbicidcsoportok. In Hunyadi K., Béres I, Kazinczi G: Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 397-439.
65. Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G. (2011): Gyomnövények, gyombiológia, gyomirtás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
66. Hunyadi K., Mike Zs. (1998): Jelentős szántóföldi egyszikű gyomnövények kezdeti gyökérfejlődésének vizsgálata. *Növénytermelés*, 47. (6). 623-633.

67. Hügin G. (2010): *Panicum dichotomiflorum*, *P. hillmanii*, (*P. laevifolium*), *P. miliaceum* subsp. *agricola*, *P. miliaceum* subsp. *ruderales* und *Setaria faberi* in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. Ber. Bot. Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutshl., 6. 31-68.
68. Jackson A. O., Lane L. C (1981): Hordeiviruses. Handbook of Plant Virus Infections and Comparative Diagnosis. Kurstak E. (ed), Elsevier, Amsterdam. 565-625.
69. Jakobson A., Corcoran M. (1977): In Einhelling A. : Effects of allelochemicals crop productivity. 1985 Amer. Chem. Soc. Symp. Ser., 260. 170-195.
70. James T. K., Rahman A., Trivedi P. (2010): Broom corn millet (*Panicum miliaceum*): A new menace for maize and sweet corn growers in New Zealand. 17th Australasian Weeds Conference, Christchurch. 32-35.
71. Jannink J. L., Jordan N. R., Orf J. H. (2001): Feasibility of selection for high weed suppressive ability in soybean: Absence of tradeoffs between rapid initial growth and sustained later growth. Euphytica, 120. 291-300.
72. Jezewska J. (2001): First report of Wheat dwarf virus occurring in Poland. Phytopathologia Polonica, 21. 93-100.
73. Jukes, T. H. and Cantor, C. R. (1969) CHAPTER 24 - Evolution of Protein Molecules. In: Mammalian Protein Metabolism. (Munro, H. N., ed.). Academic Press, 21-132.
74. Kádár A. (2019): Vegyszeres Gyomirtás és Termésszabályozás. Magánkiadás a szerzőtől, 68-80.
75. Karam D., Westra P., Nissen S. J., Ward S. M., Figueiredo J. E. F. (2004): Genetic diversity among proso millet (*Panicum miliaceum*) biotypes assessed by AFLP technique. Planta Danica, Vicoso MG. v. 22. 167-174.
76. Kazinczi G. (2004): A vírusok alternatív gazdái: gyomnövények. Doktori disszertáció.
77. Kazinczi G., Béres I., Hunyadi K., Mikulás J., Pölös, E. (1991): A selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medic.) allelopatikus hatásának és kompetitív képességének vizsgálata. Növénytermelés, 40. 23-30.
78. Kazinczi, G., Onofri, A., Szabó, L., Béres, I., Horváth, J., Takács, A. P. (1997): Allelopathic effects of weeds on growth of wheat, sugarbeet and *Brassica napus*. Allelopathy Journal, 4. 179-194.
79. Kazinczi G., Hoffmanné Pathy Zs., Nagy M. (2013): Egyszikű szántóföldi gyomfajok szabadföldi csírázási ritmusa. Magyar Gyomkutatás és Technológia, 14. (1). 27-35.
80. Kazinczi G., Pathy H. Zs., Nagy M., Magyar L. (2015): Egyszikű gyomnövények csírázásdinamikája. Magyar Gyomkutatás és technológia, 16. (2). 18-21.
81. Kelley A. D., Bruns V. F. (1975): Dissemination of weed seeds by irrigation water. Weed Science, 23. 486-493.

82. Khan M., Cavers P. B., Kane M., Thompson K. (1996): Role of the pigmented seed coat of proso millet (*Panicum miliaceum*) in imbibition, germination and seed persistence. *Seed Science Res.*, 7. 21-25.
83. Király G., Baranyai-Nagy A., Kerekes Sz., Király A., Korda M. (2009): Kiegészítések a magyar adventív-flóra ismeretéhez IV. *Flora Pannonica*, 7. 3–31.
84. Klein, T. (2011): Untersuchungen über ausgewählte „neue“ Unkrautarten in Österreich im Jahre 2007. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 156.
85. Kobza J., Thesis M. (1980): In Einhelling, A.: Effects of allelochemicals crop productivity. 1985 Amer. Chem. Soc. Symp. Ser., 260. 170-195.
86. http://koles.atw.hu/koles/eload/gyore/Gyore_Daniel_A_koles_bel_es_kulpiaca.pdf
87. Kommendahl T., Kotheimer, J. B., Hillmann, W. S. (1959): Effects of quackgrass on germination and seedling development of certain crop plants. *Weeds*, 7.
88. Kumar, S., Stecher, G. and Tamura, K. (2016) MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. *Mol Biol Evol*, 33. 1870-1874.
89. Lane L.C. (1974): The bromoviruses. *Adv. Virus Res.*, 19. 151-220.
90. Láng G. (1965): Növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
91. Lehoczky É., Reisinger P. (2003): Study on the weed-crop competition for nutrients in maize. *Commun Agric Appl Biol Sci.*, 68.(4 Pt A). 373-80.
92. Lemerle D., Smith A., Verbeek B., Koetz E., Lockley P., Martin P. (2006): Incremental crop tolerance to weeds: A measure for selecting competitive ability in Australian wheats. *Euphytica*, 149. 1-2. 85-95.
93. Lin W. X. - He, S. - Kim, K. U. (1998): Allelopathic potential and its possible modes of action on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). 3rd Internat. Congr. Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry Dharwad (India), 33.
94. Lindquist J. L., Mortensen D. A. (1998): Tolerance and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) suppressive ability of two old and two modern corn (*Zea mays*) hybrids. *Weed Sci.*, 45. 5. 569-574.
95. Lindquist J. L., Mortensen D. A., Johnson B. E. (1998): Mechanisms of corn tolerance and velvetleaf suppressive ability. *Agron. J.*, 90. 787.
96. Lu, H., Zhang, J., Liu, K. B., Wu, N., Li, Y., Zhou, K., et al. (2009). Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 106.
97. Macias F. A., Molinillo J. M. G., Oliveros-Bastidas A., Marin D., Chinchilla D. (2004): Allelopathy. A natural strategy for weed control. *Comm. Appl. Biol. Sci.*, University of Ghent, 69. 3.
98. Maddonni G. A., Otegui M. A., Andrieu B., Chelle M., Casal J. J. (2002): Maize leaves turn away from neighbors. *Plant Physiology*, 130. 3. 1181-1189.

99. Magyar L. (2012): Újabb adatok a *Panicum miliaceum* L. alakkörébe tartozó gyomosító alfajok csírázásbiológiájának ismeretéhez. 58. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 103.
100. Magyar L., Kazinczi G., Nagy M., Hoffmanné P. ZS., Nádasyné, I. E.: Újabb adatok a parti köles (*Panicum riparium* Scholz) csírázásbiológiájához. Agrofórum, 24. 102-103.
101. Magyar L. (2014): Köles (*Panicum*) fajok a hazai szántóföldi gyomflórában, napjainkban. Agrofórum Extra, 55.
102. Magyar L., Kazinczi G., Keszthelyi S. (2011) :A kései köles (*Panicum dichotomiflorum* Michx.) szárazságtűrő képessége. Magyar Gyomkutatás és technológia, 12. (2). 41-47.
103. Magyar L., Király G. (2012): Kiegészítések a *Panicum* (köles) nemzetség ismeretéhez – új potenciális invázorok Magyarországon. Növényvédelem, 48. (10). 457-466.
104. Magyar L., Kazinczi G., Nagy M., Hoffmanné Pathy Zs., Nádasyné Ihárosi E. (2013): Újabb adatok a parti köles (*Panicum riparium* H. Scholz) csírázásbiológiájához. Agrofórum Extra, 50. 102–103.
105. Magyar L., Király G. (2014): Mai szemmel a *Panicum miliaceum* alakkörének hazai taxonjairól. Magyar gyomkutatás és technológia, 15. (1-2). 93-94
106. Mandava N. B. (1985): Chemistry and biology of allelopathic agents. ACS Publications.
107. McKinney H. H. (1951): A seed-borne virus causing false-stripe in barley. Phytopathology, 41. 563-564.
108. McKinney H. H., Fellows H., Johnston C. O. (1942): A mosaic disease of *Bromus inermis*. Phytopathology, 32. 331.
109. Milicic D., Mamula D., Plazibat M. (1982): Some properties of brome streak mosaic virus. Acta Bot Croatia, 41. 7-12.
110. Milinkó I., Remete A. (1984): Fertőző a csíkos mozaik vírus. Magyar Mezőgazdaság, 8. 39-40.
111. Miller W. A., Liu S., Beckett R. B. (2002): Barley yellow dwarf virus: *Luteoviridae* or *Tombusviridae*? Mol. Plant Pathol, 3. 177-183.
112. Mikulás J. (1981): A fenyércirok (*Sorghum halepense* L.) allelopátiája a gyom és kultúrnövényekre. Növényvédelem, 17. 413-418.
113. Mikulás, J., Váradi, Gy., Pölös, E., Kazinczi, G., Béres, I. (1990): Allelopatische Erscheinungen und Untersuchungen bei einigen Unkräuter. Z. PflKrankh. PflSchutz Sonderh, 12. 265-277.
114. Mizutani J. (1996): Plant ecochemicals which may play important roles in complex interactions between higher plants. FWCA Book Abstr., 61.
115. Molisch, H. (1937): Der Einfluss eine Pflanze auf andere, Allelopathie. Jena, Fisher.
116. Moravcová L., Pysek P., Jarosik, V., Havlicková V., Záknavsky P. (2010): Reproductive characteristics of neophytes in the Czech Republic? traits of invasive and non-invasive species. Preslia 82,. 365-390.
117. Mumford S. (2004): Laws in nature. Routledge.

118. Nagy P., Milinkó I. (1986): Adatok az árpa sárga törpeség hazai járványtanához. *Növénytermelés*, 35. 6.
119. Nagy P., Király G., Magyar L., Nagy L., Simon Z. (2012): Distribution and threats of *Panicum riparium* in Hungary. *Agrofórum*, 23. (5). 10-18.
120. Nagy M. (2015): A parti köles (*Panicum riparium* Scholz) megjelenése, elterjedése és gyomirtási lehetőségei. *Növényvédelem*, 51. (6).
121. Narwal S. S. (1994): Allelopathy in Crop Production. Jodhpur. Scientific Publisher. 288.
122. Neil R. L., Rice E. L. (1971): Possible role of *Ambrosia psilostachya* on patterning and succession in old-fields. *Amer. Midl. Natur*, 86. 344–357.
123. Nickel L. G. (1960): Antimicrobial activity of vascular plants. *Econ. Bot.*, 13. 281-318.
124. Nieto J. H., Brends M. A., Gonzales J. J. (1968): Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. *PANS (C)*. 14. 159-166.
125. Nortstadt F. A., Mccalla T. M. (1963): Phytotoxic substance from a species of *Penicillium*. *Science*, 140. 410–411.
126. Novák R., Dancza I., Szentey L., Karamán J. (2009): Magyarország szántóföldjeinek gyomnövényzete. Ötödik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés. FVM Budapest. 71-75.
127. Novák R., Dancza I., Szentey L., Karamán J. (2011): Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein. Vidékfejlesztési Minisztérium Élelmiszerlánc- felügyeleti Főosztály, Növény- és Talajvédelmi Osztály, Budapest.
128. Osborn E. M. (1943): On the occurrence of antibacterial substances in green plants. *Brit. J. Exp. Pathol.*, 24. 227–231.
129. Oswald H. (1950): An antagonism between plants. 7th International Congr. Bot. Stockholm, 167-171.
130. Pál R., Pinke GY. (2006): *Panicum dichotomiflorum*-új gyomnövény a magyarországi kapáskultúrákban. *Acta Agronomica Óváriensis*, 48. 2.
131. Papp M. - Takács A. - Gáborjányi R. - Szabó CS. - Csenz L. - Mesterházy Á. (2012): Distribution of viruses in wheat and resistance of wheat. In: Kőmíves T., Haltrich A., Molnár J. (szerk.): 57. Növényvédelmi Tudományos Napok, 2011. február 21-22. Budapest. Magyar Növényvédelmi Társaság, 23.
132. Parenti, R. L., Rice, E. L (1969): Inhibitional effects of *Digitaria sanguinalis* and possible role in old-field succession. *Bull. Torrey Bot. Club*, 96. 70.
133. Parchetti J. V. (1973): Residual herbicides on no-tillage corn in a rye corer crop. *Proceedings of the Northeastern Weed Science Society*, Baltimore, 24-29.
134. Pásztor GY., Nádasyiné I. E. (2015):Magyarországi kölesfajok kompetíciós képességének vizsgálata kukoricában. *Georgikon for Agriculture: A multidisciplinary journal in agricultural sciences*, 19. 1. 146-153.

135. Pásztor Gy. ; Nádasyné I. E. (2016): A kukorica és a kölesfajok kompetíciós képességének tanulmányozása tenyészedényes kísérletben. *Georgikon for Agriculture: A multidisciplinary journal in agricultural sciences*, 20. 1. 113-119.
136. Pertányi I., Tóth Á. (2000): Szántóföldi gyomcsíranövények. Fővárosi Növényvédelmi és Talajvédelmi Állomás, Budapest, 242-245.
137. Pethó M. (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest, 55-57.
138. Pinke Gy., Pál R. (2005): Gyomnövényeink eredete, termőhelye és védelme. Pécsi DIREKT Kft. Alexandra Kiadója, Pécs. 82. 132.
139. Pocsai E. (1986): A Bromus mozaik vírus fertőzés hatása különböző rizsfajtákra. *Növényvédelem*, 3. 118-121.
140. Pocsai E., Kobza S., Dezséry M., Basky ZS. (1983): Árpa sárga törpeség vírus megfigyelése Fejér megyében. *Növénytermelés*, 5. 421-426.
141. Pozsgai, J., Hunyadi K., Béres I. (1985): A növekedési jellemzők alakulása a cukorrépa, az *Amaranthus retroflexus* L. és a *Chenopodium album* L. kompetíciója során. *Növénytermelés*, 31. 395-403.
142. Pribék D., Vida GY., Veisz O. (2005): Búzát fertőző vírusok és vírusok elleni rezisztenciavizsgálatok eredményei Magyarországon. *Növényvédelem*, 5-6. 477-487.
143. Pringle, C. R. (1998): Virus taxonomy. *Arch Virol.*, 143/7. 1449-1459.
144. Prutenskaya, N. I. (1974): Peculiarities of interaction between *Sinapis arvensis* L. and cultivated plants. In "Physiological –Biochemical Basis of Plant Intereactions Phytocenoses" (A. M. Grodzinsky, ed.) Kiev. Naukova Dumka, 5. 60-68.
145. Putnam A. R., Defrank, J. (1983): Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Prot.*, 2. 173–181.
146. Rachie, K. O. (1975): The Millets. Importance, Utilization and Outlook. Hyderabad: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT).
147. Rajcan I., Chandler K. J., Swanton C. J. (2004): Red-far-red ratio of reflected light: A hypothesis of why early-season weed control is important in corn. *Weed Sci.*, 52. 5. 774-778.
148. Rajcan I., Swanton C. J. (2001): Understanding maize-weed competition: Resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research*, 71. (2). 139-15.
149. Rasmussen J. A. - Rice, E. L.. (1971): Allelopathic effects of *Sporobolus pyramidatus* on vegetational patterning. *Amer. Midl. Natur.*, 86. 309–326.
150. Reddy W. G., Upadhyaya H. D., Gowda C. L. L. (2007): Morphological characterisation of worlds proso millet germplasm collection. An open access journal published by International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics, 3. (1).
151. Rice E. L. (1968): Inhibition of nodulation of inoculated legumes by pioneer plant species from abandoned fields. *Bull. Torrey Bot. Club*, 95. 346–358.
152. Rice E. L. (1974): Allelopathy. Academic Press, Inc. New York, 353.

153. Rizvi S. J. - Rizvi V. (1992): Allelopathy. Basic and applied aspects. Chapman and Hall, London, 480.
154. Robinson R. K. (1972): The production by roots of *Calluna vulgaris* of a factor inhibitory to growth of some mycorrhizal fungi. J. Ecol., 60. 219–224.
155. Rochow, W. F. (1977): Barley yellow dwarf virus: Harris K. F. Maramorosch. Aphids as Virus Vectors. Academic Press, New York., 261-263.
156. Roshan P., Kulshreshtha A., Hallan V. (2009): Global Weed-Infecting Geminiviruses, Geminiviruses.
157. Ryves T. B., Clement E. J., Foster M. C. (1996): Alien grasses of the British Isles. BSBI, London.
158. Saitou, N. and Nei, M. (1987) The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. Mol Biol Evol., 4. 406-425.
159. Sankula S., Van Gessel M. J., Mulford R. R. (2004): Corn leaf architecture as a tool for weed management in two production systems. Weed Science, 52. 6. 1026-1033.
160. Salisbury E. D. (1964): Weeds and Aliens. London, Collins, 244.
161. Sáringer GY. (1989): Csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus* Dahlbom). 73-75. In Jermy T. - Balázs K. (szerk.), A növényvédelmi állattan Kézikönyve 2. Akadémiai Kiadó, Budapest.
162. Sárvári M. (2011): Egyéb gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem, 82-87.
163. Saxena, A., Singh, D. V., Joshi, N. L. (1996): Allelopathy in pearl millet production. FWCA Book Abstr., 79.
164. Schermann SZ. (1967): Magismeret II. Budapest, Akadémiai Kiadó.
165. Scholz, H. (1983): Die Unkraut-Hirse (*Panicum miliaceum* subsp. *ruderales*) – neue Tatsachen und Befunde. Plant Systematics and Evolution, 143. 233-244.
166. Scholz H. (2002): *Panicum riparium*, eine neue indigene Art der Flora Mitteleuropas. Feddes Repertorium, 113. 273-280.
167. Scholz H., Mikolás V. (1991): The weedy representatives of proso millet (*Panicum miliaceum*, *Poaceae*) in Central Europe. Thaiszia, 1. 31-41.
168. Schubert, J., Ziegler, A. and Rabenstein, F. (2015) First detection of wheat streak mosaic virus in Germany: molecular and biological characteristics. Archives of virology, 160. 1761-1766.
169. Schweitzer B., Kingsmore S (2001): Combining nucleic acid amplification and detection. Curr. Opin. Biotechnol., 12. 21-27.
170. Shouliang C., Renvoize, S. A. (2006): *Panicum* Linnaeus In: Zhengyi W. – Raven W. – Deyuan, P. H. (eds), Flora of China 22, Science Press & Missouri Botanical Garden, Beijing & St. Louis, 504-510.
171. Simon T. (2000): A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok-virágos növények. Nemzeti tankönyvkiadó Rt Budapest, 514.

172. So Y. F., Williams, M. M., Pataky, J. K., Davis A. S. (2009): Principal canopy factors of sweet corn and relationships to competitive ability with wild proso millet (*Panicum miliaceum*). *Weed Science*, 57. 296-303.
173. Solymosi, P. (1996): Gyomszabályozásra használható donornövények. *Növényvédelem*, 32. 23–34.
174. Soó R., Kárpáti Z. (1968): Magyar flóra, Harasztok-virágos növények. Tankönyvkiadó, Budapest.
175. Steinsiek, T. W., Oliver, L. R., Collins, F. C (1982): Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selected weed species. *Weed Science*, 30. 495-497.
176. Stöhr O., Pilsl P., Essl F., Hohla M., Schröck C. (2007): Beitrage zur Flora von Österreich II., *Linzer biol. Beitrage*, 39. 155-292.
177. Strand O. E., Behrens R., Miller G. R. (1973): Wild proso millet, *Panicum miliaceum*, a new weed problem in Minnesota. *Proc. North Central Weed Control Conf.*, 51-52.
178. Striegel W. L., Boldt P. F. (1981): Germination and emergence characteristics of wild proso millet. *Proc. North Central Weed Control Conf.*, 36. 22.
179. Sutic, D. D., Ford, R. E., Tomic, M. T (1999): *Handbook of Plant Virus Diseases*. CRC Press, Boca Raton, 553.
180. Szabó, L. Gy. (1994): Fitokémiai analógiák ökológiai vonatkozásai. *Gyógyszerészet* 38, 567–571.
181. Szalai S. (1982): Kukoricavetéseink védelme a *Panicum miliceum* L. ellen. *Növényvédelem*, 18. 31-33.
182. Szeőke K., Schweigert A., Fischl G. (2005): *Növényvédelem*, 41. 199.
183. Szirmai J. (1967): Új vírusbetegség gabonaföldjeinken. *Magyar Mezőgazdaság*, 22. 19-20.
184. Taylor J., Duadu K. (2018): *Sorghum and Millets*, 2nd Edition, Woodhead Publishing and AACCC International Press, 1-10.
185. Tinnin R., Mullec C. H. (1971): The allelopathic potential of *Avena fatua*: influence on herb distribution. *Bull. Torrey Bot. Club*, 98. 243.
186. Trivedi P. D. (2010): Aspects of Biology of the Weed of Arable Crops broom corn millet (*Panicum miliaceum*). M.Sc. thesis. University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 136.
187. Tóbiás I., Szabó, B., Salánki K., Sari L., Kuhlmann H., Palkovics L. (2008): Seed borne transmission of Zucchini yellow mosaic virus in Styrian Hulless group of *Cucurbita pepo*. *Proceedings of the IXth EUCARPA*. Inra, Avignon, France.
188. Torma M., Bereczkiné, Kovács M. (2004): A *Cirsium arvense* (L.) Scop. és a *Sorghum halepense* (L.) Pers. allelopaticus hatásának tanulmányozása. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 5. (2). 35-42.
189. Tukey, H. B. (1971): Leaching of substances from plants. In: *Biochemical Interactions among Plants*. Washington, D.C. Nat. Acad. Sci., 25–32.

190. Ujvárosi M. (1973): Gyomnövények. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
191. Ujvárosi M. (1975): A második országos gyomfelvételezés a szántóföldeken I-VI. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Budapest.
192. Vacke J. (1961): Wheat dwarf disease. *Biologia Plantarum*, Praha, 3. 228-233.
193. Van De Wouw M., Jorge M. A., Bierwirth J., Hanson J. (2008): Characterization of a collection of perennial *Panicum* species. *Tropical Grasslands*, 42. 40-53.
194. Verma, V., and Patel, S. (2012). Nutritional security and value added products from finger millets (ragi). *J. Appl. Chem.*, 1. 485–489.
195. Vietiez, E., Ballester, A. (1972): Compuestos fenolicos y cumaricos en *Erica cinerea* L. *An. Inst. Bot. A.J. Cavanilles*, 29. 129–142.
196. Verloove F. (2014): Manual of the alien plants of Belgium. *Panicum capillare*. Retrieved January 21, 2014 from <http://alienplantsbelgium.be>.
197. Warwick S. I., Thompson B. K. (2011): Differential response to competition in weedy biotypes of proso millet. *Canadian Journal of Botany*, 65. (7). 1403-1409.
198. Westra P. (1990): Wild proso millet. *Weed Technology*, 4. 407-408.
199. White, J. L. and Kaper, J. M. (1989) A simple method for detection of viral satellite RNAs in small plant tissue samples. *Journal of Virological Methods*, 23. 83-93.
200. Wilhalm T. (2011): Ergänzungen und Korrekturen zum Katalog der Gefasspflanzen. *Gredleriana*, 11. 71-82.
201. Wilson R. G. (1993): Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Sci.*, 41. 607-610.
202. Wilson R. G., Rice E. L. (1968): Alleopathy as expressed by *Helianthus annuus* and its role in old-field succession. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*.
203. Wilson R. G., Westra P. (1991): Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in corn (*Zea mays*). *Weed Science* 39: 217-220.
204. Williams M. M. II, Masiunas J. B. (2006): Functional relationships between giant ragweed (*Ambrosia trifida*) interference and sweet corn yield and ear traits. *Weed Sci.*, 54. (5). 948-953.
205. Williams M. M. II, Boydston R. A., Davis A. S. (2008a): Differential tolerance in sweet corn to wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) interference. *Weed Sci.*, 56. (1). 91-96.
206. Williams M. M. II, Rabaey R. L., Boerboom C. M. (2008b): Residual weeds of sweet corn in the north central region. *Weed Technol.*, 22. 646-653.
207. Williams B. J., Harvey R. G. (2002): Influence of simulated seed rain on the seed bank of wild proso millet. *Weed science*, 50. 340-343.
208. Williams M. M., Boydston R. A., Davis A. S. (2007): Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) Suppressive Ability among Three Sweet-Corn Hybrids. *Weed Science*, 55. 245-251.

209. Zhao D. L., Atlin G. N., Bastiaans L., Spiertz J. H. J. (2006): Cultivar weed-competitiveness in aerobic rice: Heritability, correlated traits, and the potential for indirect selection in weed-free environments. *Crop Science*, 46. 1. 372-380.
210. Zhao, Z. (2005). Palaeoethnobotany and its new achievements in China. *Kaogu*, 2005. 42-49.
211. Zuloaga F., Soderstrom T. R. (1985): Classification of the outlying species of New World *Panicum* (*Poaceae: Paniceae*). *Smithsonian Contributions to Botany*, 59. 1-63.