



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**KÖRNYEZETI ÉS GAZDÁLKODÁSI TÉNYEZŐK HATÁSA A
KUKORICA ÉS ŐSZI BÚZA KULTÚRÁK GYOMNÖVÉNYZETÉRE
KELET-MAGYARORSZÁGON VÉGZETT GYOMFELVÉTELEZÉSEK
ALAPJÁN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Tóth Erzsébet

Gödöllő

2025

A doktori iskola

megnevezése: Agrár- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Kovács Melinda

Egyetemi tanár, az MTA r. tagja

témavezető: Dr. Zalai Mihály

Egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Növényvédelmi Intézet

Integrált Növényvédelmi Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A magyar szántóföldi növénytermesztés szerkezetét az utóbbi évtizedekben jelentősen átalakították mind a környezeti, mind pedig a gazdasági tényezők. A termelést egyre kiszámíthatatlanabbá teszik a globális piaci ingadozások, valamint a klímaváltozás következtében tapasztalható csapadékeloszlási szélsőségek és a hőmérsékleti anomáliák (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2024). A fenntartható és hatékony növénytermesztés egyik kulcsa a növényállományok gyomviszonyainak alapos ismerete és kezelése, különösen olyan jelentős kultúrák esetén, mint a kukorica (*Zea mays* L.) és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.).

A FAOSTAT adatai alapján búzát 2023-ban, világviszonylatban 244 036 272 hektáron termeltek, kukoricát pedig 252 491 120 hektáron. A két vizsgált növénykultúra Magyarországon is nagy területi lefedettséggel bír, stratégiai jelentőségűek: a Központi Statisztikai Hivatal 2024-es adatai alapján a kukorica vetésterülete Magyarországon 906 800 hektár volt, az őszi búzáé 874 600 hektár volt (KSH 2025). A búza elsősorban az élelmiszeripar alapanyagaként, míg a kukorica főleg takarmányként és ipari célokra (pl. bioetanol) kerül felhasználásra.

A gyomszabályozás különösen kritikus kérdés mindkét növény esetében, hiszen a gyomnövények kompetíciója már alacsony borítási szinteken is jelentős termésvesztést okozhat (TEASDALE et al. 2010; FLESSNER et al. 2021; ADEUX et al. 2019.).

A gyomflóra összetételét és borítását számos tényező együttesen alakítja: talajfizikai és -kémiai paraméterek, éghajlati viszonyok, elővetemények, talajművelési módszerek, valamint a kijuttatott tápanyagok mennyisége és típusa. A két kultúra gyomnövényzete ökológiai szempontból is jól elkülöníthető: az őszi búza esetében a hidegtűrő, kora tavasszal csírázó fajok dominanciája jellemző. Ezzel szemben a kukoricatáblákban nyár eleji, hő- és fényigényes fajok jelennek meg tömegesen, különösen a tavaszi kelés és kezdeti fejlődési időszak során.

Az Európai Unióban és hazánkban egyre szűkül a rendelkezésre álló herbicidek köre, amely tovább nehezíti a hatékony gyomszabályozást (NEBIH 1,2 2025). Különösen fontos tehát a nem-kémiai módszerek, például a mechanikai gyomirtás, a vetésforgó és a célzott talajművelés szerepének növelése. Az integrált gyomszabályozás elveinek alkalmazása elkerülhetetlenné vált. Ennek hatékony megvalósításához elengedhetetlen a gyomvegetáció pontos feltérképezése, a változásokat befolyásoló környezeti és agronómiai tényezők beazonosítása.

A doktori kutatásom célja az volt, hogy meghatározzam, mely környezeti (elsősorban talajfizikai és kémiai, valamint földrajzi) és gazdálkodási tényezők gyakorolnak meghatározó hatást a gyomnövényzetre a vizsgált búza és kukoricatáblákban. A vizsgálatok 2018 és 2021 között zajlottak, kukorica esetében három, búza esetében négy eltérő adottságú régióban. A kutatás különös figyelmet fordított arra, hogy a gyomszabályozás szempontjából döntő fontosságú tényezőket, illetve a termelő által befolyásolható és nem befolyásolható változók hatását elkülönítse, és ezáltal hozzájáruljon egy célzott, helyspecifikus gyomszabályozási stratégia kidolgozásához.

Mindkét kultúrában célom volt feltárni a gyomflóra összetételét a mechanikai vagy kémiai gyomszabályozás előtti időszakokban, a gyomnövényzet összes borítását, diverzitását, valamint ezek kapcsolatát a különböző környezeti (talaj- és időjárási) és gazdálkodási (művelés, elővetemény, tápanyagellátás) változókkal. A gyomfelvételezéseket egységes módszertannal, egymástól függetlenül, de összehasonlítható módon végeztem a két kultúrában. Eredményeimet kovariancia-analízis (ANCOVA), Pearson féle korreláció és redundancia-analízis (RDA) segítségével értékeltem.

A vizsgálatok során az alábbi kérdésekre kerestem választ:

- Melyek a leggyakoribb és legnagyobb borítású gyomfajok az őszi búza és a kukorica kultúrákban a vizsgált régiókban?
- Milyen fajgazdagság, borítottság és diverzitás jellemzi az adott területek gyomflóráját, illetve ezek hogyan alakulnak a különböző régiók, évek és termesztéstechnológiák függvényében?
- Milyen talajtani (pl. humusztartalom, pH, mikro- és makrotápanyagok), környezeti (pl. éghajlati jellemzők, földrajzi koordináták), valamint mezőgazdasági (pl. művelési mód, tápanyag-utánpótlás, elővetemény) változók hatnak leginkább a gyomflóra összetételére, fajsámára és gyomszintjére a két kultúrában?
- Megállapíthatók-e olyan gyomfajok, amelyek indikátorfajként szolgálhatnak bizonyos termesztési rendszerekre vagy környezeti adottságokra vonatkozóan a vizsgált régiókban?
- Milyen mértékű hatása van a gazdálkodók által befolyásolható tényezőknek (pl. talajművelés típusa, trágyázás, vetésforgó) a gyomközösségek szerkezetére összehasonlítva a klíma és a régió hatásával?

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat körülményei

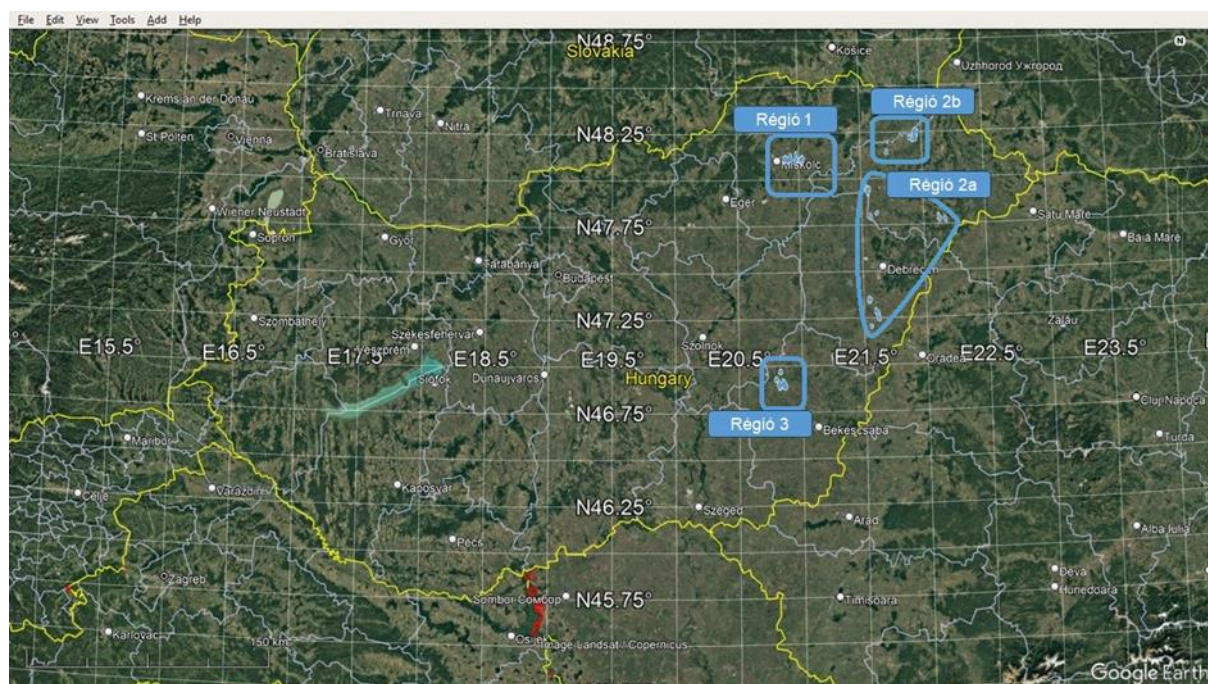
A kutatásomat 2018 és 2021 között végeztem Magyarország keleti térségében, Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar és Békés vármegyék területén. A négyéves vizsgálatsorozat során kukorica és őszi búza kultúrában elemeztem a gyomflóra alakulását. A pontosabb értékelés érdekében a vizsgálati helyszíneket régiókra osztottam, olyan csoportosítási elv alapján, amely figyelembe vette a talajtani és földrajzi sajátosságokat. A közigazgatási, vármegyéenkénti bontás alkalmazása nem lett volna célszerű, mivel az figyelmen kívül hagyhat olyan környezeti tényezőket, amelyek közvetlen hatást gyakorolnak a termesztéstechnológiai gyakorlatokra, ezáltal pedig a gyomflóra alakulására.

A kukoricával kapcsolatos vizsgálatokat három elkülönített régióban végeztem, összesen 90 táblán. Az első régió a Sajó–Hernád sík területét foglalta magában. A második régió több, agroökológiai szempontból hasonló mikrorégió összevonásával jött létre; ide tartozott a Szoboszlói-Hajdúság, a Hajdúhát, a Lőszös-Nyírség, valamint a Nagykállói-Nyírség. A harmadik vizsgálati egységet a Körös-menti sík alkotta (1. ábra).



1. ábra: A kukoricában végzett vizsgálatok helyszínei Magyarország térképén
(GOOGLE EARTH, 2025)

Az őszi búza gyomfelvételezéseinek helyszíneit négy régióba soroltam, a kukoricatermesztés esetében alkalmazott szempontrendszerhez hasonlóan, elsősorban talajtani és földrajzi adottságok figyelembevételével. Összesen 103 táblán végeztem el az adatgyűjtést és a gyomfelvételezéseket. Az első régiót a Harangod térsége és a Sajó–Hernád sík alkotta. A 2a jelű régió öt, karakterisztikájukban egyező mikrorégió egyesítésével jött létre: a Szoboszlói-Hajdúság, a Hajdúhát, a Lőszös-Nyírség, a Nagykállói-Nyírség, valamint a Nyírbátori–Kisvárdai Nyírség tartozott ide. A 2b jelű régió a Rétközt foglalta magában, míg a harmadik régióba a Körös-menti sík került (2. ábra).



2. ábra: Az őszi búzában végzett vizsgálatok helyszínei Magyarország térképén

(GOOGLE EARTH 2025)

A vizsgálat módszerei

A gyomösszetétel meghatározásához minden megjelenő fajt (nemzetséget) rögzítettem, valamint azok borítási értékét is – vagyis azt, hogy a gyomok föld feletti részei a talajfelszín hány százalékát fedték le (VAN DER MAAREL et al. 2013). A mintavételt minden tábla esetében nyolc, véletlenszerűen kijelölt, 1×1 méteres kvadrátban végeztem a táblaszegélytől legalább 24 méteres távolságot tartva (ZALAI et al. 2012). Az összes további elemzéshez a fajok táblaátlagait használtam. Jelen felvételezési módszer nem alkalmas a mintatereken kívül előforduló fajok jelenlétének rögzítésére, és ezek semmilyen formában nem kerültek be az elemzésekbe, értékelésekbe. A mintatereken kívül megjelenő fajok rögzítésének az szabott gátat, hogy a dolgozatomban szereplő minden egyes vizsgálat minden táblában azonos területű

és mintázatu mintaterről kellett származzon a hiteles összehasonlítás érdekében. A gyomfajok és nemzetségek tudományos nevét az EPPO adatbázis alapján határoztam meg (EPPO 2025). Azokat az eseteket, amikor a fajszerű azonosítás nem volt lehetséges (például *Consolida spp.*), nemzetség szinten kezeltem. Ha egy faj több taxont foglal magában (sensu lato), a polimorf faj nevét használtam, például *Veronica hederifolia* esetében.

A gyomfelvételezések időpontját - ami őszi búza esetében március 19. és május 8. között történt, kukoricában május 8. és július 10. között - a herbicides kezelés tervezett időzítéséhez igazítottam. Az adatgyűjtést minden esetben a herbicidek kijuttatását megelőző 1–8. napon végeztem, annak érdekében, hogy a gyomosodás lehető legteljesebb állapota legyen dokumentálható. E mellett szintén kitétel volt, hogy a felvételezett területeken a gyomfelvételezéseket megelőzően nem történt mechanikai gyomirtás. E kapcsolat alapján a „felvételezés időpontját” a gazdálkodási változók közé soroltam.

A vizsgált területeken rögzítettem a gyomnövényzetet befolyásoló talajtani (a továbbiakban „talajtani változók”), környezeti („környezeti változók”) és gazdálkodási („gazdálkodási változók”) tényezőket is. Minden területen rögzítettem a következő talajtani változókat: talaj kötöttsége, talaj pH értéke, sótartalma, humusztartalma, nitrogén, foszfor, kálium, mész, nátrium, magnézium, kén, réz, mangán és cink tartalma. A következő környezeti változókat jegyeztem fel a vizsgált területeken: a hosszúsági és szélességi koordinátákat, a tengerszint feletti magasságot (ezek numerikus változó volt) és a vizsgálat évét, valamint a régió besorolást is figyelembe vettem (ezek kategorikus változó volt).

Rögzítettem a táblaméretet is, mivel feltételeztem, hogy a szegély–terület arány változása hatással lehet a gyomnövényzetre és a gyomszabályozási lehetőségekre.

A vizsgált táblákon a vizsgálatot megelőző három év előveteményeit vagy vegetációját is nyomon követtem. Az elemzésekben az előveteményeknek a megelőző évek sorszáma alapján súlyozott arányát vettem figyelembe, melyet a következő képlettel számítottam ki: $(\text{elővetemény } 1 \times 0,6) + (\text{elővetemény } 2 \times 0,3) + (\text{elővetemény } 3 \times 0,1)$. Ez alapján, ha egy adott előveteménytípus egy táblában egyik évben sem fordult elő, akkor az adott tábla és előveteménytípus vonatkozásában „0” érték szerepelt, míg ha mindhárom megelőző évben azonos elővetemény szerepelt, akkor „1” értéke szerepelt.

Rögzítettem továbbá a vizsgálati évet megelőző talajművelés típusát és mélységét is. A vizsgált kukoricatáblákon a művelési gyakorlatot három csoportra osztottam: (1) sekély művelés, amelyet tárcsás boronával vagy kultivátorral 15–20 cm mélységben végeztek; (2) hagyományos szántás, 20–35 cm mélységig; valamint (3) mélylazítás, 30–40 cm mélységben. A vizsgált búzatáblákon négyféle művelési módot különítettem el: „tárcsázás” (12–16 cm), „sekély kultivátoros művelés” (10–25 cm), „szántás” (20–30 cm), valamint „mélylazítás” (30–40 cm). A statisztikai elemzésekben a művelés típusát kategóriaváltozóként, míg a művelési mélységet folytonos változóként kezeltem.

Emellett az értékelés magában foglalta a tenyészidőszak során a felvételezések előtt kijuttatott műtrágyák nitrogén (N), foszfor (P) és kálium (K) hatóanyagban kifejezett mennyiségét (h.a. kg/ha) is.

Alkalmazott matematikai – statisztikai módszerek

Az eredmények tartalmi és statisztikai értékelése során a kukorica és őszi búza kultúrákban gyűjtött gyomborítottsági adatokat kultúránként külön értékeltem.

A statisztikai elemzések megkezdése előtt minden vizsgált tábla esetében a nyolc kvadrát gyomborítottsági adatait átlagoltam annak érdekében, hogy tábla szintű átlagos gyomösszetételt kapjak.

A gyomfajok jelentőségének általános értékeléséhez minden fajra vonatkozóan kiszámítottam a transzformálatlan átlagos borítottsági értéket, valamint a faj állandóságát, azaz előfordulási gyakoriságát a táblák arányában.

A tábla szintű átlagértékeket ezt követően Hellinger-transzformációnak vettem alá (BORCARD et al. 2011) amely az ezt követő többváltozós elemzések alapjául szolgált.

A magyarázó változók közötti kapcsolatok feltárása céljából általánosított variancia inflációs tényezőket (GVIF), valamint az ezekből származtatott variancia inflációs tényezőket ($VIF = GVIF^{1/(2 \text{ df})}$) számítottam. Az eredmények erős korrelációt jeleztek a földrajzi változók (tengerszint feletti magasság, szélesség, hosszúság) és a régiós besorolások, valamint a talajművelési mód és a művelési mélység között. Ezek ellenére minden változót megtartottam a statisztikai modellekben annak érdekében, hogy megállapítsam, az összefüggő változópárok

közül melyik gyakorol nagyobb hatást. Mérsékelt korrelációt mutattak továbbá a régiós besorolások és a talajtulajdonságok is – ez érthető, tekintettel arra, hogy a régiók részben edafikus (talajtani) jellemzők alapján kerültek meghatározásra. Ugyanakkor a földrajzi változók és a régiós besorolás kivételével az összes vizsgált VIF érték 5 alatt maradt (FOX et al. 2016), ami elfogadható mértékű multikollinearitást jelez.

A fajdiverzitás számszerűsítéséhez minden táblára kiszámítottam a Shannon-diverzitási indexet (H'), a nem transzformált borítottsági értékek alapján. Az index számításához a következő képletet használtam:

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

ahol R az adott tábla teljes fajszámát, p_i pedig az i -edik faj teljes borításban való arányát jelöli (SHANNON 1948).

Az elemzés első lépéseként kovariancia-analízist (ANCOVA) végeztem annak megállapítására, hogy a környezeti és gazdálkodási tényezők közül melyek gyakorolnak szignifikáns hatást – a külön-külön elvégzett ANCOVA során – a teljes gyomborítottságra, a fajgazdagságra, valamint a Shannon-diverzitási indexre (CHAMBERS et al. 1992).

Amikor az ANCOVA eredményei szignifikáns hatást jeleztek folytonos változók esetében, Pearson-féle korrelációs együtthatókat számítottam a kapcsolat erősségének és irányának meghatározására (SOPER et al. 1917). A korrelációk erősségét a korrelációs együtthatók abszolút értéke alapján a következőképp értelmeztem: 0–0,19: nagyon gyenge, 0,20–0,39: gyenge, 0,40–0,59: közepes, 0,60–0,79: erős, 0,80–1,00: nagyon erős korreláció.

Az ANCOVA-ban szignifikánsnak bizonyuló kategóriaváltozók esetében a faktor-szintek páronkénti összehasonlítását Tukey-féle post hoc teszttel végeztem el, a statisztikailag igazolható különbségek azonosítása érdekében (KESELMAN et al. 1977).

A következő elemzési lépés során redundanciaanalízist (RDA) alkalmaztam annak vizsgálatára, hogy a talajtani, környezeti és gazdálkodási tényezők együttesen hogyan befolyásolják a gyomfaj-összetételt (MUELLER-DOMBOIS 1976). A modell finomítása érdekében backward

szelekciót alkalmaztam (SUTTER 1993), melynek eredményeként kukoricánál tíz, őszi búza esetében kilenc magyarázó változóból álló egyszerűsített modell született. Az RDA célja az egyes szignifikáns leíró változók gyomnövényzet összetételében (gyomnövény fajok előfordulási varianciája) kifejtett teljes (bruttó) és saját (nettó) hozzájárulásának számszerűsítése is volt. Az egyes változók jelentőségének egységes rangsorolását a részleges RDA-modellek alapján számított korrigált R^2 értékek szolgáltatták, amelyek az egyes változók önálló hatásait mutatták.

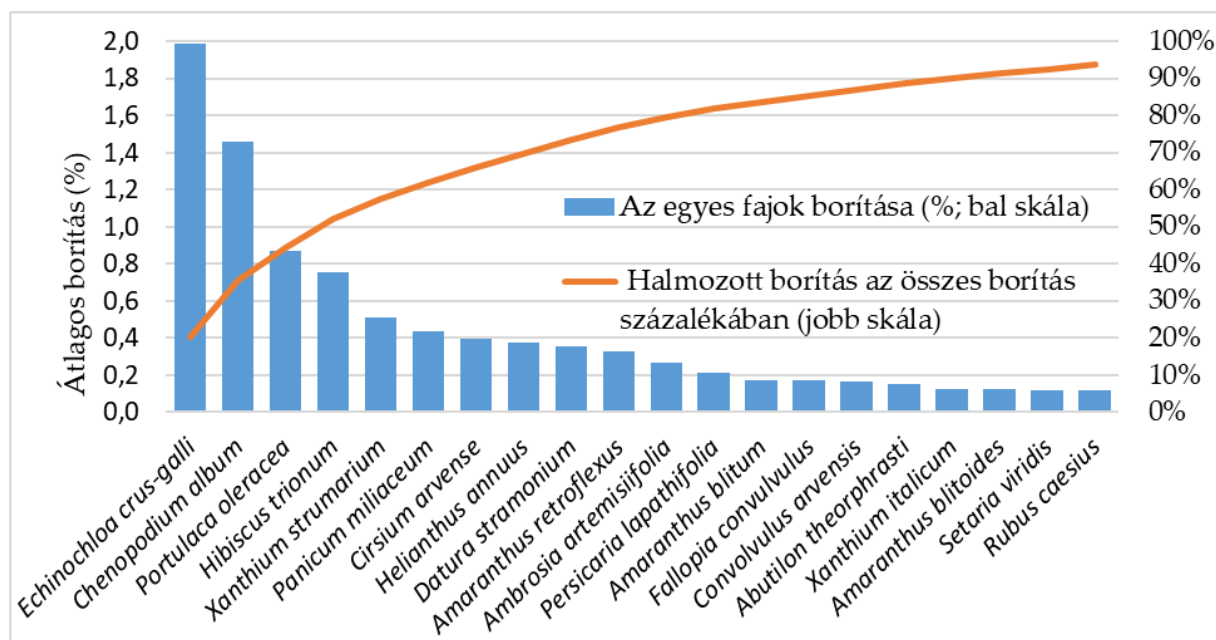
A fő magyarázó változók és a gyomfajok közötti kapcsolatok részletesebb feltárása érdekében meghatároztam azt a tíz gyomfajt, amelyek a legnagyobb változatosságot mutatták az RDA során kialakított tengelyek mentén – mind a teljes, mind az egyes részleges RDA-modellek esetében, kizárva azokat a fajokat, amelyek az adott kultúrnövényen esetében kevesebb mint három táblában fordultak elő.

Mindkét kultúra esetében minden statisztikai számítást 95%-os konfidenciaszint mellett végeztem az R statisztikai környezetben (R Development Core Team, verzió 4.5.0), az alábbi R csomagokat használva: car (v3.1–3), lattice (v0.22–7), MASS (v7.3–65), permute (v0.9–7), és vegan (v2.6–10).

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGVITATÁSA

Kukorica kultúra gyomnövényzete

A 2018 és 2021 között vizsgált kukoricatáblákban összesen 51 gyomfajt azonosítottam. Átlagosan a legmagasabb borítottsági értéket az *Echinochloa crus-galli* (2,0%), a *Chenopodium album* (1,4%), a *Portulaca oleracea* (0,9%) és a *Hibiscus trionum* (0,8%) mutatta. Együttesen ez a négy faj a teljes gyomborítottság több mint felét (52%) tette ki. Összességében a 20 legdominánsabb faj a teljes gyomborítottság 95%-áért volt felelős. Az átlagos gyomborítottság 9,7% volt; ugyanakkor az egyes táblák gyomosodásának mértéke jelentős változatosságot mutatott. A legalacsonyabb rögzített gyomborítottság 0,1% volt, míg a legmagasabb érték elérte a 37,5%-ot (3. ábra).



3. ábra: A vizsgált kukoricatáblákban előforduló leggyakoribb gyomfajok átlagos borítottsági százaléka

A legtöbb esetben szoros összefüggést találtam a gyomborítottság és az előfordulási gyakoriság között. Ezt a kapcsolatot jól példázza az *Echinochloa crus-galli* és a *Chenopodium album* dominanciája, amelyeket a *Hibiscus trionum*, valamint az árvakelésű *Helianthus annuus* követett. Ugyanakkor bizonyos fajok, mint például a *Convolvulus arvensis*, magas állandósági értéket mutattak alacsony borítottság mellett, míg a *Portulaca oleracea* – amely a harmadik legmagasabb borítottságot érte el – mindössze a felmért táblák 21%-ában fordult elő. Voltak olyan fajok – például a *Helianthus annuus* – amelyek mérsékelt borítottság mellett is magas

előfordulási arányt mutattak, míg más fajok – például a *Portulaca oleracea* – jelentős borítottságot értek el, de ritkábban fordultak elő.

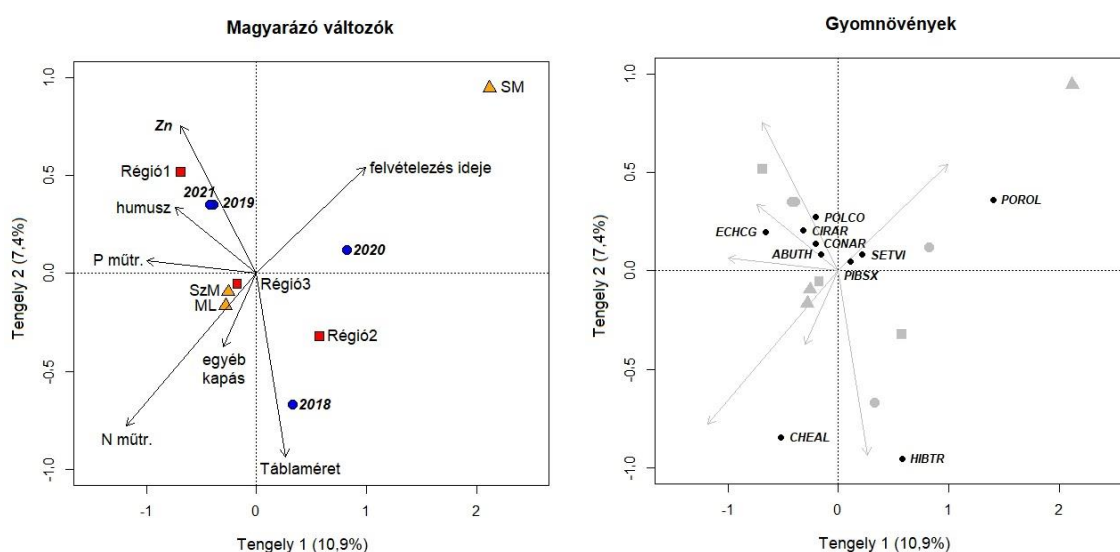
A vizsgálatok eredményei alapján több talajtani, tápanyag- és környezeti tényező is befolyásolta a kukoricatáblák gyomvegetációját. A talaj kötöttsége és pH-ja közepes–gyenge erősségű pozitív kapcsolatban állt a fajgazdagsággal és a Shannon-diverzitással, míg a humusztartalom csak a fajsza­mot növelte kismértékben. A makrotápanyagok közül a foszfor és a kálium talajbeli mennyisége nem mutatott érdemi hatást, a nitrogén viszont negatív korrelációt mutatott a diverzitással és a fajgazdagsággal. A mezo- és mikrotápanyagok közül több elem (cink, nátrium, magnézium, kén, réz, mangán) pozitívan befolyásolta a gyomfajok számát, a diverzitást vagy a borítottságot. A környezeti tényezők közül a tengerszint feletti magasság növelte a gyomborítottságot, míg a földrajzi hosszúság csökkentette a fajsza­mot. A régiók között különbségek mutatkoztak: a 2. régió kevésbé volt gyomos, mint az 1. és 3. A vizsgált évek közül 2019-ben volt a legmagasabb a fajgazdagság, és csak 2019–2020 között volt kimutatható eltérés a borítottságban. Éven belül a későbbi felvételezések nagyobb borítottságot, viszont alacsonyabb diverzitást mutattak. A tábla mérete nem játszott szerepet, a talajművelés viszont igen: a sekély művelés csökkentette a fajsza­mot és a diverzitást. A műtrágyázási eredmények szerint a nitrogén- és foszfortrágya növelte a fajgazdagságot és/vagy a borítottságot, a káliumtrágyázás pedig kedvezően hatott a borítottságra és a fajsza­mra.

A redundanciaanalízis eredményei alapján tíz környezeti és gazdálkodási tényező szignifikánsan befolyásolta a kukoricatáblák gyomfaj-összetételét, amelyek együtt a teljes variancia negyedét magyarázták. A legnagyobb hatást a régió gyakorolta, ezt az évjárat, a talajművelési mód és a kijuttatott nitrogén mennyisége követte. A talajhoz köthető tényezők – elsősorban a humusztartalom és a cinktartalom – szintén észrevehető, bár kisebb szerepet játszottak. Figyelemre méltó, hogy a gazdálkodók által közvetlenül befolyásolható tényezők összesített hatása közel azonos volt a környezeti háttértényezőkével.

A többváltozós elemzés rávilágított arra, hogy a humuszban gazdag talajok a *Chenopodium album*, az *Amaranthus retroflexus* és a *Polygonum aviculare* terjedésének kedveztek, míg bizonyos disznóparéj fajok és a parlagfű jelenléte csökkent. A mikroelemek közül a cink kiemelkedően fontos szerepet játszott: növelte többek között a fehér libatop és a szulákfélék borítását, míg más fajok – például a csattanó maszlag vagy a kölesfajok – visszaszorultak. A műtrágyázási gyakorlat is jelentős alakítóerővel bírt: a nitrogénellátás egyes fajok (pl.

Convolvulus arvensis, *Xanthium italicum*) megjelenését fokozta, másokét viszont csökkentette. A foszfortrágyázás különösen a *Hibiscus trionum* és több egyéves gyom előfordulását növelte. A gyomösszetétel évről évre számottevően változott, és minden vizsgálati év más fajokat emelt domináns szerepbe. Jelentős régiós különbségek is kirajzolódtak: az 1. régió tápanyagban gazdagabb területein a magas tápanyagigényű gyomok voltak gyakoriak, míg a 2. régió inkább tápanyagszegényebb, eltérő fajokészletű volt; a 3. régiót pedig olyan fajok jellemezték, mint a *Cirsium arvense* vagy a csattanó maszlag. A gyomfelvételezés időpontja szintén befolyásolta a fajok előfordulását: egyes fajok később, mások korábban voltak gyakoribbak. A tábla mérete is számított, mivel a nagyobb táblák más fajoknak kedveztek, mint a kisebbek.

Az elővetemény hatása is kimutatható volt, főleg széles sortávú kultúrák után, amelyek több fontos gyomfaj terjedését segítették elő. A talajművelés módja pedig markánsan alakította a fajösszetételt: a mélylazítás és a szántás más és más fajokat részesített előnyben, míg a sekélyművelés egészen eltérő domináns gyomflórát eredményezett. Összességében az RDA világosan mutatta, hogy a gyomvegetáció térbeli és időbeli mintázatai összetett módon függenek össze a talajtani adottságokkal, a tápanyag-ellátottsággal és az alkalmazott gazdálkodási gyakorlatokkal.



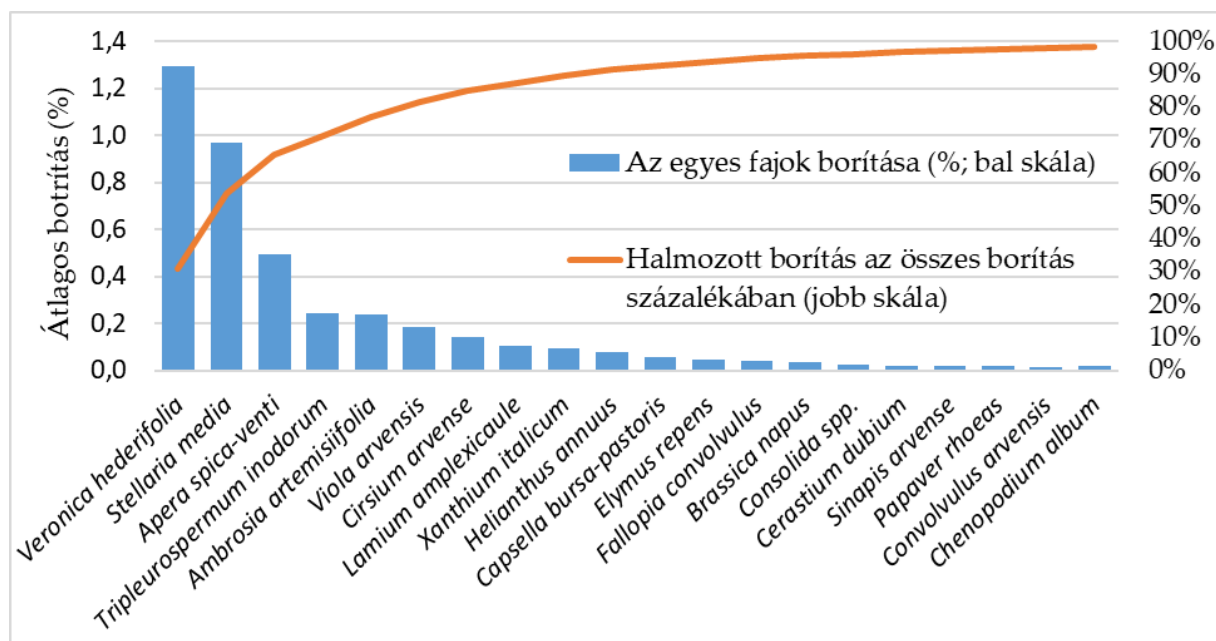
4. ábra: Redundanciaanalízis (RDA) alapján készült ordinációs ábrák

(Nyíl: numerikus változó; kék kör: év; barna háromszög: talajművelési mód; piros négyzet: régió; kis fekete kör: faj; 2018–2021: a 2018 és 2021 közötti tenyészidőszak évei; ML: mélylazítás; SzM: szántás; SM: sekély művelés; egyéb kapás: egyéb, széles sortávolságú elővetemények; humusz: talaj humusztartalom; Zn: talaj cinktartalom; N műtr.: N-műtrágya mennyisége; P műtr.: P-műtrágya mennyisége; ABUTH: *Abutilon theophrasti*; CHEAL: *Chenopodium album*; CIRAR: *Cirsium arvense*; CONAR: *Convolvulus arvensis*; ECHCG: *Echinochloa crus-*

galli; HIBTR: *Hibiscus trionum*; PIBSX: *Pisum sativum*; POLCO: *Fallopia convolvulus*; POROL: *Portulaca oleracea*; SETVI: *Setaria viridis*).

Őszi búza kultúra gyomnövényzete

A vizsgált búzatáblákban összesen 47 különböző gyomfajt azonosítottam, az átlagos gyomborítottság 4,3 % volt, ugyanakkor az egyes táblák gyomosodásának mértéke jelentős változatosságot mutatott. A legalacsonyabb rögzített gyomborítottság 0,1% alatti érték volt, míg a legmagasabb érték elérte a 54%-ot. A vizsgált búzatáblákban átlagosan a három legfontosabb gyomfaj a *Veronica hederifolia*, a *Stellaria media* és az *Apera spica-venti* voltak. Ez a három faj rendelkezett a legmagasabb átlagos borítottsággal, amelynek értéke 0,5% és 1,3% között mozgott. Megfigyelhető, hogy a leggyakoribb fajok áttelelő egyévesek voltak, ugyanakkor nyári egyévesek is jelen voltak a táblákon. Emellett évelő gyomnövényeket is találtam, mint például a *Cirsium arvense* (5 ábra).



5. Ábra: A felmért őszi búza táblák leggyakoribb gyomfajai és azok átlagos borítottsági értékei (%)

Előfordulási gyakoriság tekintetében kiemelkedett a *Stellaria media* előfordulási aránya (43%). Ezt követte a *Veronica hederifolia*, a *Tripleurospermum inodorum*, az *Apera spica-venti*, a

Helianthus annuus, a *Cirsium arvense* és a *Chenopodium album*, sorrendben 27, 27, 23, 23, 22 és 22%-os előfordulási arányokkal. Összességében azonban 15 faj mutatott 10%-nál nagyobb gyakoriságot.

Az előfordulási gyakoriság és az átlagos borítás közötti kapcsolatot mutatja a 18. ábra. Borítottság és állandóság tekintetében 5 faj kiemelkedő: *Tripleurospermum inodorum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Apera spica-venti*, *Stellaria media*, *Veronica hederifolia*.

Az eredmények alapján a talajtani tényezők csak korlátozott hatást gyakoroltak a teljes gyomborítottságra, ugyanakkor a fajgazdagságot és a gyomdiverzitást *jóval erősebben* befolyásolták. A gyomborítottságot mindössze két talajelem – a réz és a cink – növelte kis mértékben, míg a nitrogén- és foszfortartalom hatása elhanyagolható volt. Ezzel szemben a gyomközösségek diverzitása magasabbnak bizonyult a kötöttebb, lúgosabb és sógazdagabb talajokon, és több tápanyag (K, Na, Mg, S, Zn) is pozitívan hatott a fajgazdagságra és a Shannon-indexre.

A környezeti és gazdálkodási változók összességében jóval szorosabban kapcsolódtak a fajsza-mhoz és diverzitáshoz, mint a borítottsághoz. A gyomborítottság alakulását főként az évjárat, a talajművelés módja és mélysége, valamint a kijuttatott nitrogén mennyisége határozta meg, bár ezek hatása többnyire gyenge volt. A legmagasabb borítottság 2018-ban és szántás mellett jelentkezett, míg a legkisebb 2019-ben és sekély művelés esetén.

A fajgazdagság általánosságban alacsony volt, de a legtöbb környezeti és gazdálkodási változó jelentősen befolyásolta. A legnagyobb fajsza-m az 1. régióban fordult elő, és 2018 is kiemelkedően magas fajgazdagságot mutatott. A későbbi felvételezési időpontok szintén több fajt eredményeztek. A talajművelés mélységének növekedése csökkentette a fajsza-mot, és a műtrágyázás minden formája negatívan hatott a fajgazdagságra.

A Shannon-diverzitási index is alacsony volt, és a földrajzi tényezők közül csak a szélesség gyakorolt enyhe hatást. Az évjárat viszont erőteljesen alakította a diverzitást, 2018-ban jóval magasabb értékekkel, mint a későbbi években. A művelési rendszer nem befolyásolta szignifikánsan a Shannon-indexet, a művelési mélység hatása is csak minimális volt. A nitrogéntrágya nem hatott a diverzitásra, de a foszfor- és káliumműtrágya kismértékben növelte azt.

Összességében a gyomvegetáció változásait sokkal inkább a környezeti feltételek és a gazdálkodási gyakorlatok – különösen az évjárat, a régió, a művelés és a tápanyagellátás – formálták, mint a talaj alapvető kémiai tulajdonságai.

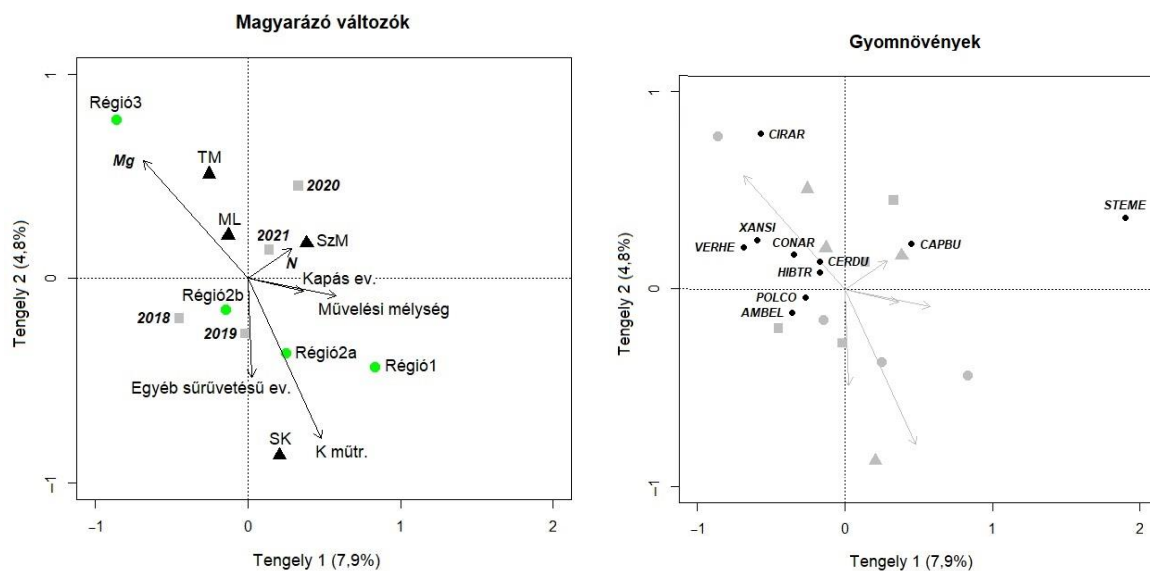
A fajdiverzitás varianciájának közel 30%-át sikerült magyarázni, amelyből a legnagyobb hányadot a talajtulajdonságok (különösen az N- és Mg-tartalom), a régiók közötti különbségek és a szezonális adták. Ezek együttesen a teljes magyarázott variancia több mint 60%-át tették ki, vagyis lényegesen nagyobb hatást gyakoroltak a gyomflóra szerkezetére, mint a gazdálkodási tényezők. A művelési mód azonban így is jelentős tényező volt: hatása mintegy háromszorosa volt a művelés mélységének. Az elővetemények közül csak a tavaszi kapások és néhány sűrűsoros növény gyakorolt kimutatható hatást, a műtrágyák közül pedig kizárólag a kálium bizonyult szignifikánsnak.

A régiók között markáns különbségek jelentkeztek a gyomfajok összetételében. A 3. régiót a *Cirsium arvense* és a *Xanthium italicum* dominanciája jellemezte, míg az 1. régióra a *Stellaria media* és a *Chenopodium album* volt jellemző. A 2A régióban a *Consolida* fajok és a *Raphanus raphanistrum* fordultak elő nagyobb arányban, a 2B régió pedig a *Viola arvensis* és az *Elymus repens* megjelenésével különült el a többitől. Az évek között is eltérő domináns fajok jelentek meg: míg 2018-ban az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Xanthium italicum* volt kiemelkedő, addig 2019-ben a fehér libatop és az árvakelésű napraforgó, 2020-ban a *Tripleurospermum inodorum* és a *Plantago lanceolata*, 2021-ben pedig az *Elymus repens* és a *Cannabis sativa* volt jellemző. A legelterjedtebb fajok (*Stellaria media*, *Veronica hederifolia*, *Apera spica-venti*) azonban stabil jelenlétet mutattak, évfüggetlen mintázattal.

A talajművelési rendszerek szintén jól elkülönülő gyomfaj-mintázatokat hoztak létre: mélylazítás mellett a *Veronica hederifolia* és a *Fallopia convolvulus* volt gyakori, tárcsázásnál a *T. inodorum* és a *X. italicum* dominált, szántásban a *S. media* és a *Viola arvensis*, míg sekély művelésben a *Chenopodium album* és a *Cannabis sativa* volt jellemző. A nitrogénellátottság növelte egyes fajok, például a *Veronica hederifolia* előfordulását, ugyanakkor visszaszorította a *Stellaria mediát*. A kálium és magnézium egyaránt növelte a *S. media* jelenlétét, de a *Cirsium arvense* és egyes gyomfajok számára kedvezőtlen feltételeket teremtett.

A művelés mélysége szintén befolyásolta a gyomok megjelenését: mélyebb művelés esetén ritkábban fordult elő például a *Cirsium arvense*, míg sekély művelés elősegítette a *Tripleurospermum inodorum* terjedését. Az elővetemények szerepe összességében korlátozott

volt, de bizonyos tavaszi kultúrák egyes gyomfajok (pl. *T. inodorum*) felszaporodását elősegítették, másokét viszont mérsékeltek. Összességében a fajösszetételt leginkább a régiók közötti különbségek, a talajtulajdonságok és a művelési rendszer határozták meg.



6. ábra: Az őszi búza táblákban elvégzett felmérések alapján folytatott Redundanciaanalízis (RDA) alapján készült ordinációs ábrák

TM: tárcsás művelés; ML: mélylazítás; SzM: szántásos művelés; SK: Sekély kultivátorozás; Kapás ev.: Tavaszi kapás elővetemények aránya; Egyéb sűrűvetésű ev.: Egyéb sűrűvetésű elővetemények aránya; N: talaj nitrogén tartalma; Mg: talaj magnézium tartalma; K műtr.: Kálium műtrágya mennyisége; AMBEL: *Ambrosia artemisiifolia*, POLCO: *Portulaca oleracea*, HIBTR: *Hibiscus trionum*, CONAR: *Convolvulus arvensis*, VERHE: *Veronica hederifolia*, XANSI: *Xanthium strumarium*, CIRAR: *Cirsium arvense*, CERDU: *Cerastium dubium* CAPBU: *Capsella bursa-pastoris*

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Következtetések és javaslatok kukoricában

A vizsgált kukoricatáblák gyomnövényzete mérsékelt, ám agronómiai szempontból már kockázatos gyomfertőzöttséget mutatott: az **átlagos gyomborítottság 9,7% volt**, ami a terméseszkökenés lehetőségét hordozza. A felmért gyomflóra fajösszetétele több ponton eltért az országos mintázatoktól. Míg országos szinten a parlagfű számít a legproblémásabb késő nyári gyomnak kukoricában, addig a vizsgálati területen csak korlátozottan jelent meg. Ezzel szemben az *Echinochloa crus-galli* bizonyult a leggyakoribb fajnak, amely országosan csak a harmadik helyen áll. A fehér libatop (*Chenopodium album*), a varjúmák (*Hibiscus trionum*) és a csattanó maszlag (*Datura stramonium*) mind országosan, mind lokálisan meghatározóak voltak. A régió ugyanakkor olyan gyomfajoknak is kedvezett – mint a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) vagy a hamvas szeder (*Rubus caesius*) –, amelyek országos szinten kevésbé jelentősek.

A gyomflórát néhány domináns faj határozta meg, különösen az *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* és *Hibiscus trionum*, amelyek a teljes gyomborítás felét adták. Több meghatározó faj C4 típusú fotoszintézissel rendelkezik, ami előnyt biztosít számukra a nyári, fényben gazdag környezetben. A vizsgálati területen a C4 fajok összes borítása meghaladta a C3 fajokét, ami a klimatikus viszonyokhoz való jobb alkalmazkodásukat tükrözi.

A **talajtani tényezők** közül a talaj kötöttsége és pH-értéke szoros kapcsolatban állt a fajgazdagsággal és a diverzitással, megerősítve, hogy a talaj fizikai-kémiai állapota alapvetően meghatározza a gyompopulációk szerkezetét. A mésztartalom kettős hatása – alacsonyabb borítás, de magasabb diverzitás – arra utal, hogy a versenyző, nagy biomasszájú fajok visszaszorulhatnak, miközben több kisebb kompetitív képességű faj is megtelepedhet. A mikro- és mezoelemek, mint a magnézium, mangán, kén és cink, pozitív kapcsolatban álltak a gyomdiverzitással, ami a talaj ásványi összetételének közösségformáló szerepére hívja fel a figyelmet. A humusztartalom kedvezett a nitrofil fajoknak, többek között a *C. albumnak* és az *Amaranthus retroflexusnak*, míg az *Ambrosia artemisiifolia* és az *Amaranthus blitoides* alacsonyabb humuszsintek mellett fordultak elő gyakrabban. A réz és a cink kiemelten befolyásolta egyes fajok eloszlását, különösen a fitoremediációra képes fajokét (*Helianthus annuus*, *Xanthium strumarium*).

A **környezeti tényezők** közül a régióhatás elsősorban a borítást és a fajgazdagságot befolyásolta, míg a diverzitásra kevésbé hatott. Az évek közötti időjárási különbségek azonban erőteljesebb hatást mutattak, mint a földrajzi régiók: a hőmérséklet- és csapadék-ingadozások jelentősen átrendezték a domináns fajokat. 2018–2021 között minden évhez más gyomfajok kapcsolódtak, ugyanakkor több faj – például a *Veronica hederifolia*, *Stellaria media*, *Apera spica-venti* – évek közötti stabilitást mutatott. A felvételezés időpontja szintén meghatározó volt: a későbbi időpontokban magasabb borítást, de alacsonyabb diverzitást figyeltek meg, ami összhangban van a vegetációs időszak előrehaladtával.

A **gazdálkodási tényezők** közül több is jelentős hatással bírt. A tábla mérete befolyásolta a fajösszetételt, mivel a kisebb táblák gyengébben kezelt szegélyei módosították a gyomnyomást. Bár az elővetemény nem hatott közvetlenül a borításra vagy diverzitásra, a domináns fajok eloszlásában markáns eltéréseket okozott a különböző elővetemenycsoportok eltérő herbicid-használata és gyomelnyomó képessége. A talajművelés bizonyult az egyik legerősebb gazdálkodási tényezőnek: a mélyebb művelés növelte a fajgazdagságot és diverzitást, míg a művelési módok (mélylazítás, szántás, tárcsázás, sekélyművelés) eltérő fajkészletet eredményeztek. A sekélyművelést például a *Portulaca oleracea* és a *Setaria viridis* jellemezte, míg a mélylazítást a *Cirsium arvensis* és a *Xanthium strumarium*.

A tápanyagellátás jelentős szerepet játszott a gyomközösségek alakulásában. A magas nitrogénszint csökkentette a fajgazdagságot, miközben támogatta a nitrofil fajok terjedését. A foszfor és kálium kijuttatása növelte a fajgazdagságot és több domináns faj előfordulását is. A tápanyagok fajspecifikus preferenciái jól kirajzolódtak, például a *Cirsium arvensis*, *Xanthium strumarium* és *Persicaria lapathifolia* magas nitrátigénye, vagy a *Hibiscus trionum* foszforpreferenciája alapján.

A magyarázó változók összességében a fajdiverzitás varianciájának 29,2%-át magyarázták. Ebből a talajtulajdonságok, régió és szezonális együttesen több mint 17%-ért feleltek, ami a teljes magyarázott variancia több mint 60%-át jelenti. A gazdálkodási tényezők közül a talajművelési mód bizonyult a legerősebb tényezőnek, hatása a művelési mélységhez képest több mint háromszoros volt. Az elővetemények és műtrágyázás közül csak a kálium szignifikánsan befolyásolta a gyomösszetételt.

Összességében a gyomflóra változásait elsősorban a környezeti tényezők (éghajlat, régió, talajtulajdonságok) és a talajművelés alakította, míg a tápanyagellátás és a tábla mérete

másodlagos, de fajspecifikusan jelentős szerepet játszottak. Az eredmények alátámasztják, hogy a kukorica gyomközösségei erősen reagálnak az éghajlati és talajtani feltételekre, és a gazdálkodási beavatkozások módosíthatják ugyan a fajösszetételt, de a gyomközösségek fő mintázatait mégis a környezeti háttér határozza meg.

Következtetések és javaslatok őszi búzában

A vizsgált őszi búzatáblák gyomnövényzete több szempontból eltért az országos felvételezések eredményeitől. A leggyakoribb fajok a borostyánlevelű veronika (*Veronica hederifolia*), a tyúkhúr (*Stellaria media*) és a nagy széltippán (*Apera spica-venti*) voltak, míg az országos átlag alapján az *Stellaria media*, az *Ambrosia artemisiifolia* és az *Apera spica-venti* számítottak a legjelentősebbeknek. A *Veronica hederifolia* az országos listán csupán a negyedik helyet foglalta el, de a jelen vizsgálatban meghatározó szerepet játszott. Más Kárpát-medencei kutatások – például a Maros megyei felvételezések – szintén eltérő domináns fajokat jeleztek (*Cirsium arvense*, *Veronica persica*, *Convolvulus arvensis*), ami megerősíti, hogy a búza gyomflórája erősen régiófüggő.

A gyomborítás mértéke átlagosan 4,3% volt, ami lényegesen alacsonyabb az országos 16%-os átlagértéknél. Ennek oka egyrészt a földrajzi különbségekben, másrészt a felvételezés eltérő időpontjában keresendő. Az alacsony borítottság agronómiai szempontból még elfogadható, mivel a beavatkozás általában közepes (5–30%) gyomborítás felett válik indokolttá. A gyomfajok állandósága (23–42%) más hazai és külföldi eredményekkel összhangban alakult, és azt mutatja, hogy a legfontosabb fajok nemcsak magas borítással, hanem nagy előfordulási gyakorisággal is rendelkeztek. A fajok állandósága és borítottsága hasonló sorrendet mutatott, ami arra utal, hogy a legjelentősebb gyomok mind térben, mind tömegességben stabilan jelen voltak. A ritkán, de nagy borítással előforduló fajok hiánya arra utal, hogy a vizsgált táblák gyomflórája stabil, inváziós folyamatokkal kevésbé terhelt volt.

A **talajtényezők vizsgálata** során a legtöbb paraméter nem mutatott szignifikáns kapcsolatot sem a gyomborítással, sem a fajszámmal. Ugyanakkor a réz és a cink koncentrációja mérhető hatást gyakorolt a gyomosodásra. Ez részben összhangban áll más tanulmányokkal, amelyek a cink és egyes mikroelemek gyomflórát befolyásoló szerepét hangsúlyozzák. A talaj humusztartalma nem korrelált a gyomösszetétellel, ami a búza erős kompetíciós képességével magyarázható, és azzal, hogy az alacsony gyomborítás mellett a talaj tápanyag-viszonyai kevésbé tudtak érvényesülni.

A talaj kötöttsége, pH-értéke és sótartalma viszont hatással volt a gyomdiverzitásra: kötöttebb, magasabb pH-jú talajokon gazdagabb fajösszetétel jelent meg. A nitrogén és foszfor esetében nem mutatkozott összefüggés a fajgazdagsággal, ami ellentmond több korábbi feltételezésnek. Valószínű, hogy az intenzív versengés miatt a búza sikeresen elnyomta a gyomokat, így a tápanyagok differenciáló hatása kevésbé érvényesült. A kálium, valamint több mikro- és mezoelem ugyanakkor kapcsolatba hozható volt a fajdiverzitás alakulásával.

A **környezeti tényezőket** tekintve, a gyomflórát leginkább az évjárat befolyásolta. A 2018-as évben – amely a legcsapadékosabbnak bizonyult – volt a legmagasabb a gyomborítás, a fajszaám és a Shannon-diverzitás is. A csapadékmennyiség és annak eloszlása tehát meghatározó tényezőnek bizonyult, míg a hőmérséklet hatása kevésbé volt kimutatható. A földrajzi régiók szintén jelentősen alakították a gyomösszetételt és fajgazdagságot, ugyanakkor az olyan egyedi földrajzi paraméterek, mint a hosszúság, szélesség vagy tengerszint feletti magasság, nem mutattak önállóan szignifikáns hatást. A Shannon-diverzitási index alacsony értéke arra utal, hogy a gyomközösséget néhány domináns faj uralta, ahogy azt más kutatások is kimutatták. A földrajzi szélesség szerepe szintén megjelent, de kisebb jelentőséggel.

A **gazdálkodási tényezők** közül a talajművelési mód bizonyult a legerősebb befolyásoló faktornak. Az RDA-modell szerint a talajművelés hatása több mint háromszorosa volt a művelés mélységének. A legmagasabb gyomborítást a szántás, míg a legalacsonyabbat a sekély kultivátorozás mellett figyelték meg. A tárcsázás és mélylazítás köztes eredményeket mutatott. Ezek alapján a talajművelő eszköz típusa és módja jelentősebb hatással bír, mint a megbolygatott réteg mélysége. A táblaméret nem korrelált sem a borítással, sem a diverzitással, bár más kutatások időnként enyhe csökkenő trendet jeleztek nagyobb táblák esetében.

Az elővetemények közül a gabonaelővetemény bizonyult hatásosnak, ami az élőhelyi stabilitás növekedésével magyarázható. A hosszabb távú, hasonló technológiájú művelés elősegítette a gyomközösségek kiegyensúlyozódását, és stabilabb niche-szerkezet kialakulását. Más előveteménycsoportok hatása csekély és gyenge korrelációjú volt. A herbicides kezelés időzítése szintén összefüggött a fajszaámmal és diverzitással, ám a kezelés előtti felvételezés miatt a herbicidek közvetlen hatása nem volt kimutatható.

A makroelemek közül a foszfor és kálium negatív korrelációt mutatott a Shannon-indexszel, míg a nitrogén nem befolyásolta azt. Ez részben ellentmond a korábbi irodalmi adatoknak,

amelyek szerint a nitrogéntrágyázás csökkenti a diverzitást. Az én vizsgálatomban az alacsony gyomborítás miatt a nitrogén nem érvényesült szelektív tényezőként.

A talajművelés és elővetemények között kapcsolat volt kimutatható, és a művelési rendszerek hatása gyakran erősebben érvényesült, mint az alkalmazott művelési mélység. A legnagyobb különbségek az 1. és 4. régió között jelentkeztek, ami a földrajzi távolsággal és a termőhelyi eltérésekkel magyarázható. A gyomfajok közül a *Stellaria media* bizonyult a legérzékenyebbnek a környezeti hatásokra, míg az *Apera spica-venti* – magas borítása ellenére – kevésbé reagált a különbségekre, ami annak ökológiai plaszticitását jelzi.

Összességében elmondható, hogy az őszi búza gyomflórájának alakulását **leginkább az évjárat, a régió és a talajművelés módja** határozza meg. A talajtényezők, különösen a mikroelemek és a talaj kötöttsége szintén szerepet játszanak, míg az elővetemény és a művelés mélysége másodlagos, de nem elhanyagolható hatású. A vizsgálatok alapján a gyomközösségek stabilitását és diverzitását elsősorban a hosszú távú környezeti és technológiai tényezők alakítják.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Új tudományos eredményeim értékelése során fontos leszögezni, hogy a megállapítások csak a vizsgált földrajzi régió esetében értelmezendők, amely Magyarország keleti és északkeleti térségét – Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar és Békés vármegyék szántóterületeit – foglalja magában.

1. Megállapítottam, hogy a vizsgált területen kukorica kultúrában a legjelentősebb gyomnövények a T4 és G3 életforma csoportba tartoztak, melyek borítottsági érték alapján fontossági sorrendben a következők voltak: *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Hibiscus trionum*, *Xanthium strumarium*, *Panicum miliaceum*, *Cirsium arvense*, *Helianthus annuus*, *Datura stramonium*, *Amaranthus retroflexus*. Megállapítottam, hogy a vizsgált kukoricatáblákban leggyakrabban előforduló (konstancia %) gyomfajok a T4 és G3 életforma csoportba tartoztak, és fontossági sorrendben a következők voltak: *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Hibiscus trionum*, *Helianthus annuus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Convolvulus arvensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Xanthium strumarium*, *Cirsium arvense*.

2. Megállapítottam, hogy a vizsgált területen őszi búzában a borítottsági érték alapján a legfontosabb gyomfajok a *Veronica hederifolia*, *Stellaria media*, *Apera spica-venti*, *Tripleurospermum inodorum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Viola arvensis*, *Cirsium arvense*, *Lamium amplexicaule*, *Xanthium italicum*, *Helianthus annuus* voltak. A leggyakoribb fajok átteelő egyévesek voltak, ugyanakkor nyári egyévesek is jelen voltak a táblákon. Előfordulási gyakoriság tekintetében kiemelkedett a *Stellaria media*, *Veronica hederifolia*, *Tripleurospermum inodorum*, *Apera spica-venti*, *Helianthus annuus*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Lamium amplexicaule*.

Megállapítottam, hogy a C4 fotoszintézist alkalmazó gyomfajok – mint az *Echinochloa crus-galli*, a *Chenopodium album* (C3–C4 átmeneti típus), az *Amaranthus retroflexus* valamint a *Portulaca oleracea* – különösen jelentősnek bizonyultak mind a borítottság, mind az állandóság tekintetében kukorica kultúrában a vizsgált helyszíneken.

4. Megállapítottam, hogy mindkét kultúra esetében a talajtani változók a gyomfajok számára voltak a legnagyobb hatással. Kisebb mértékben befolyásolták a Shannon-diverzitást és a

gyomborítás mértékét. A gyomfaj-összetételre kukorica esetében a talaj humusz és cink tartalmának, őszi búza esetében a nitrogén és a magnézium tartalmának volt a legnagyobb hatása.

5. A környezeti változók közül mind kukorica, mind őszi búza kultúrában kimutattam, hogy a gyomosodásra a régiók elhelyezkedésének nagyobb hatása volt, mint az évjáratnak.

Kukorica esetében megállapítottam, hogy a gazdálkodási változók közül a talajművelés módja és a műtrágya használat fejtette ki a legnagyobb hatást a gyomnövényzetre. Ezzel szemben őszi búza esetében a gazdálkodási változók közül az elővetemény, a talajművelés módja és a műtrágyahasználat hatása kiemelkedő a gyomnövényzetre.

7. Megállapítottam, hogy kukorica esetében jelentős indikátor faj volt a *Chenopodium album*, az *Amaranthus retroflexus* és a *Polygonum aviculare*, melyek borítása a humusztartalom növekedésével emelkedett. A talaj magas cinktartalma kedvez a *Chenopodium album*, a *Convolvulus arvensis* és az *Aristolochia clematitis* megjelenésének. A *Convolvulus arvensis*, a *Xanthium italicum* és a *Persicaria lapathifolia* gyakrabban fordult elő intenzív nitrogéntrágyázás mellett. A mélylazítás növelte a *Xanthium strumarium*, a *Lathyrus tuberosus* és a *Cirsium arvense* előfordulását. A szántás kedvezett az *Echinochloa crus-galli*, a *Persicaria lapathifolia* és az *Abutilon theophrasti* megjelenésének. Sekélyművelés esetén a *Portulaca oleracea* és a *Setaria viridis* voltak a domináns fajok. A szántásos művelésre a *Portulaca oleracea* és a *X. strumarium* negatívan reagál.

8. Őszi búza esetében megállapítottam, hogy indikátor fajok a *Veronica hederifolia* és a *Fumaria schleicheri*, melyek borítása a talaj nitrogén tartalmának növekedésével együtt emelkedett. A *Stellaria media* előfordulása a talaj kálium- és magnézium tartalmának hatására változott. A mélylazításos művelésre a *Veronica hederifolia* és a *Fallopia convolvulus* volt jellemző, a tárcsázásra a *Tripleurospermum inodorum* és a *Xanthium italicum*, a szántásra az *Stellaria media* és a *Viola arvensis*, míg a sekély kultivátorozásnál a *Chenopodium album* és a *Consolida spp.* dominált.

6. A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI

1. TÓTH, E. – DORNER, Z. – NAGY, J.G. – ZALAI, M. (2025): How weed flora evolves in cereal fields in relation to the agricultural environment and farming practices in different sub-regions of Eastern Hungary. *Agronomy*, 15: 1033. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051033>
2. ZALAI, M. – TÓTH, E. – NAGY, J.G. – DORNER, Z. (2025): Regional patterns in weed composition of maize fields in Eastern Hungary: the balance of environmental and agricultural factors. *Agronomy*, 15: 1814. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081814>
3. TÓTH, E. – ZALAI, M. (2019): A talajtípus és az elővetemény hatása kukorica és kalászos táblák gyomflóra-összetételére Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 20 (2): 47-62.
4. TÓTH, E. – ZALAI, M. (2019): A talajtípus és az elővetemény hatása kukorica és kalászos táblák gyomflóraösszetételére Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, pp. 71.
5. TÓTH, E. – ZALAI, M. (2020): A talajtípus, a földrajzi elhelyezkedés és az elővetemény hatása kalászos táblák gyomflóra-összetételére Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén, Hajdú-Bihar és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében 2019-ben. 66. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, pp. 75.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bárberi, P., Munier-Joalin, N., Cordeau, S. (2019): Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nat Sustain* 2, 1018–1026. p. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0415-y>
2. Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P. (2011): *Numerical Ecology with R*; Springer: New York, NY, USA, 34–50. p.
3. Chambers, J.M., Freeny, A., Heiberger, R.M. (1992): Analysis of variance, designed experiments. In *Statistical Models in S*, 1st ed.; Chambers, J.M., Hastie, T.J., Eds.; Wadsworth & Brooks/Cole: Pacific Grove, CA, USA, 145–194. p.
4. European Environment Agency (2018) <https://www.eea.europa.eu/hu/jelzesek/jelzesek-2018/cikkek/valtozo-etrendek-valtozotajak-2013> Lekérdezés időpontja: 2025.06.23.
5. FAOSTAT adatbázis <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Lekérdezés időpontja: 2025.07.19
6. Flessner, M., Burke, I., Dille, J., Everman, W., VanGessel, M., Tidemann, B., Manuchehri, M., Soltani, N., & Sikkema, P. (2021): Potential wheat yield loss due to weeds in the United States and Canada. *Weed Technology* 35, 916 - 923. p. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.78>.
7. Fox, J. (2016): *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*, 3rd ed.; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 342–358. p.
8. Központi Statisztikai Hivatal (2) A fontosabb növények vetésterülete. online elérhető: <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2024-junius-1/index.html>on07.19.2025) Lekérdezés időpontja: 2025.08.21
9. Keselman, H. J.; Rogan, J. C. (1977): The Tukey multiple comparison test: 1953–1976. *Psychological Bulletin*, 84, 1050–1056. p. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.84.5.1050>
10. Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. (1976): Aims and methods of vegetation ecology. *Geographical Review* 66, 114–116. p.
11. NÉBIH Növényvédő szerek adatbázisa <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (letöltve: 2025.07.14.)
12. Shannon, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 27, 379–423. p.
13. Soper, H.E., Young, A.W., Cave, B.M., Lee, A., Pearson, K. (1917): On the distribution of the correlation coefficient in small samples. Appendix II to the papers of “Student” and R.A. Fisher. A co-operative study. *Biometrika* 11, 328–413. p.
14. Sutter, J.M., Kalivas, J.H. (1993): Comparison of Forward Selection, Backward Elimination, and Generalized Simulated Annealing for Variable Selection. *Microchemical Journal*, 47, 60–66. p. <https://doi.org/10.1006/mchj.1993.1012>.
15. Teasdale, J.R., Cavigelli, M.A. (2010): Subplots facilitate assessment of corn yield losses from weed competition in a long-term systems experiment. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 445–453. p.
16. van der Maarel, E.; Franklin, J. (2013): Vegetation ecology: Historical notes and outline. *Weed Ecology* 2, 1–27.

17. Zalai, M., Dorner, Z., Kolozsvári, L., Szalai, M. (2012): A gyomfelvételezés pontosságát befolyásoló tényezők vizsgálata kukoricában. *Növényvédelem* 48 (10) p. 451-456.