

MTA Doktori Pályázat

Doktori értekezés

**Abiotikus és gazdálkodási tényezők hatása Magyarország
szántóföldi gyomnövényzetének fajösszetételére**

Pinke Gyula

Mosonmagyaróvár, 2017

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
1.1. Abiotikus és gazdálkodási tényezők szerepe a szántóföldi gyomtársulások szerveződésében ...	4
1.1.1. Florisztikai-taxonómiai megközelítés	5
1.1.2. Funkciós megközelítés	8
1.2. Az értekezésben specifikusan vizsgált növényi kultúrák és gyomviszonyaik jelentősége	9
1.3. Az értekezésben specifikusan tanulmányozott gyomnövény: az ürömlevelű parlagfű	12
1.4. A dolgozat szerkezete és kutatási kérdések	13
1.5. Az értekezés alapjául szolgáló publikációk	17
2. Anyag és módszer	18
2.1. Adatgyűjtés	18
2.1.1. A gyomfelvételezések módszere	18
2.1.2. Extenzív és intenzív kalászos vetések gyomfelvételezése	18
2.1.3. Nyárutói gyomvegetáció felvételezése	19
2.1.4. Mákvetések gyomfelvételezése	20
2.1.5. Rizsvetések gyomfelvételezése	20
2.1.6. Szójavetések gyomfelvételezése	21
2.1.7. Olajtökvetések gyomfelvételezése	22
2.1.8. Gazdálkodási és abiotikus adatok gyűjtése	22
2.1.9. Felhasznált adatbázisok	25
2.2. Adatfeldolgozás	25
2.2.1. A kalászos vetések adatainak feldolgozása	25
2.2.2. A nyárutói gyomvegetáció, napraforgó-, mák-, szója-, olajtök- és rizsvetések adatainak feldolgozása	26
2.2.3. A parlagfű előfordulását és tömegességét befolyásoló tényezők adatainak feldolgozása	28
2.2.4. A „ritka gyomnövény jellegszindrómák” témaköréhez kapcsolódó adatfeldolgozás	29
3. Eredmények	31
3.1. Extenzív és intenzív kalászos vetések gyomnövényzetének összehasonlítása	31
3.2. A nyárutói gyomvegetáció fajösszetételét befolyásoló tényezők	34
3.3. A napraforgóvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők	38
3.4. A mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők	42
3.5. A rizsvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők	46
3.6. A szójavetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők	50
3.7. Az olajtökvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők	54

3.8. A parlagfű előfordulását és tömegességét befolyásoló tényezők a nyárutói gyomnövényzetben ..	59
3.8.1. Klasszifikációs és regressziós fák a szántószegélyekhez	60
3.8.2. Klasszifikációs és regressziós fák a táblabelsőkhoz	60
3.9. Ritka gyomnövény jellegszindrómák szántóföldi intenzifikációs gradiensek mentén	65
3.9.1. Ritka gyomnövény jellegszindrómák keresése kalászos vetésekben	65
3.9.2. Ritka gyomnövény jellegszindrómák keresése tarlókon	65
4. Diskusszió	67
4.1. A csökkentett RDA modellek által magyarázott variancia	67
4.2. Abiotikus tényezők	68
4.2.1. Klimatikus tényezők és tengerszint feletti magasság	68
4.2.2. Edafikus tényezők	71
4.3. Szegélyhatás	75
4.4. Gazdálkodási tényezők	77
4.4.1. Kultúrnövény típusa	77
4.4.2. Elővetemény	78
4.4.3. Táblaméret	80
4.4.4. Trágyázás	81
4.4.5. Sortávolság, vetőmagmennyiség, kultúrnövény-borítás	84
4.4.6. Fajta éréscsoport	86
4.4.7. Vízgazdálkodás, víz vezetőképessége	86
4.4.8. Mechanikai gyomszabályozás	88
4.4.9. Herbicidek	89
4.4.10. Intenzifikáció mértéke és a ritka gyomnövény jellegszindrómák	92
4.4.11. Talajművelés mélysége és a rizsvetések konzervációbiológiai jelentősége	97
5. Következtetések	99
6. Összegzés	104
7. Köszönetnyilvánítás	108
8. Irodalomjegyzék	109
9. Mellékletek	117

1. Bevezetés

1.1. Abiotikus és gazdálkodási tényezők szerepe a szántóföldi gyomtársulások szerveződésében

Már a klasszikus cönológia korszakában is a gyomtársulások klasszifikációja szempontjából fontos és vitatott kérdés volt a szántóföldi vegetációra ható tényezők szerepének megítélése és rangsorolása. Az eltérő interpretációk következtében sokáig hiányzott egy általánosan elfogadott európai szünszisztematikai rendszer (Pinke, 2000). Majd a 20. század végére számos országban adaptálták Hüppe & Hofmeister (1990) megközelítését, ahol az edafikus faktorokat a művelési eljárásoknál sokkal fontosabbnak tekintették, ezért a talajtani különbségeket a rendek, míg a műveléshez kapcsolódó eltéréseket a csoportok szintjén érvényesítették. A többváltozós adatfeltárási módszerek alkalmazásával a szántóföldi gyomfelvételezések eredményeinek interpretálása új irányvonalat kapott. Már nem a vegetációegységek cönoszisztematikai rendszerekbe való besorolása az elsődleges cél, hanem annak felderítése, hogy az egyes abiotikus és gazdálkodási háttértényezők hogyan befolyásolják a gyomtársulások szerveződését. Újabban az ökológiai vizsgálatok alapegységeit már nem pusztán a faj (florisztikai-taxonómiai megközelítés) jelentheti, hanem a növényi jellegekre fókuszáló kutatások (funkciós megközelítés) is egyre népszerűbbek (Vojtkó & Lukács 2015).

Az abiotikus tényezőket az angolban leggyakrabban az *„environmental factors”* elnevezéssel jelölik, így tágabb értelemben ökológiai vagy környezeti tényezőknek is nevezhetjük őket; míg a gazdálkodási tényezők a *„management factors”* megfelelői, és az agrotechnikai (*„cultural”*) és gyomszabályozási (*„weed-management”*) változókat értjük alatta, bár ez utóbbiaknak többféle csoportosításuk is használatos. Példának okáért, egyes megközelítések az összes gazdálkodási faktort a gyomszabályozás szemszögéből osztályozzák, következésképpen nem vegyszeres (*„non-chemical”*) és vegyszeres (*„chemical”*) gyomszabályozási módszereket különítenek el. A nem vegyszeres eljárások magukba foglalják az összes agrotechnikai tényezőt a mechanikai gyomszabályozással kiegészítve, míg a vegyszeres eljárásokon a herbicidek alkalmazását értik (Blackshaw *et al.*, 2007).

Az értekezés bevezetésének első alfejezetében a témakör elmúlt 15 évben megjelent legfontosabb publikációinak eredményeit tekintem át. Elsősorban azokra a cikkekre összpontosítok, ahol regionális vagy országos léptékű szántóföldi gyomfelvételezések

kivitelezésével, az abiotikus és gazdálkodási tényezők komplex hatását vizsgálták a gyomtársulások faj- és jellegösszetételének alakulására.

1.1.1. Florisztikai-taxonómiai megközelítés

Lososová *et al.* (2004) csehországi és szlovákiai adatok elemzése során arról számoltak be, hogy a gyomnövényzet fajösszetételében kimutatott különbségek a tengerszint feletti magasság, a csapadék és hőmérséklet, valamint a talajkémhatás komplex gradiensevel asszociálódtak. A fajkompozíció második legfontosabb gradiense a szezonális változások mentén körvonalazódott, ami a tavaszi és nyári gyomtársulások feltűnő szétválásában nyilvánult meg. Kimutattak egy harmadik és negyedik gradienst is, amelyek mentén a felvételek a több évtizedes változásoknak és a kultúrnövény típusának megfelelően rendeződtek. Északkelet-Csehországban Cimalová & Lososová (2009) tanulmányában a kultúrnövény típusa volt a legjelentősebb változó, amely befolyásolta a fajösszetételt. A második legfontosabb gradiens a gyomvegetáció variabilitásában a tengerszint feletti magassággal és a klimatikus tényezőkkel asszociálódott. Ezt követték a szezonális változások, a különböző talajtípusok és a talaj pH. Eredményük azt sugallja, hogy regionális léptékben, a különböző kultúrnövény típusok és a hozzájuk kapcsolódó termesztési tényezők fontosabb szerepet töltenek be a fajösszetétel kialakításában, mint a klimatikus tényezők. Továbbá arra a következtetésre jutottak, hogy a klimatikus tényezők relatív fontossága csökken a gradiensük rövidülésével. Kolárová *et al.* (2013, 2014) szintén Csehországban végzett hasonló felméréseik során azt az eredményt kapták, hogy a legfontosabb tényező a tengerszint feletti magasság volt, melyet a kultúrnövény típusa és a gazdálkodási rendszer követett. A tengerszint feletti magasság befolyásolta legnagyobb mértékben a ritka és veszélyeztetett gyomnövények előfordulását is. Szlovákiában a gyomtársulások legújabb szünszisztematikai rendszerében a fajösszetételre ható és a klasszifikációt is befolyásoló legfontosabb tényezők az agroökofázisok, a kultúrnövény típusa és a tengerszint feletti magasság voltak (Májeková & Zaliberová 2014). Szlovéniában a növényföldrajzi viszonyokat és a kultúrnövény befolyását találták a legjelentősebbnek. A tengerszint feletti magasság és a szezonális hatások is szignifikánsak voltak, de kevésbé voltak meghatározóak (Silc *et al.*, 2009).

Németország olajrepcevetéseiben a fajösszetételben található különbségekért legnagyobb mértékben az elővetemény, a művelés intenzitása és a talajminőség voltak felelősek. A földrajzi hosszúság és a csapadék lettek a legfontosabb környezeti paraméterek (Hanzlik & Gerowitt 2011). Németországi kukoricavetésekben a fajkompozícióban található

variancia szignifikáns mértékben kapcsolódott a földrajzi szélességhez és a csapadékhoz, valamint a vetésforgóhoz (de Mol *et al.*, 2015). Denk & Berg (2014) ausztriai vizsgálatai rámutattak, hogy a szántóföldi gyomtársulások követtek bizonyos tendenciát a kis léptékű hőmérsékleti különbségek függvényében. Dániában az évelő kultúrák gyomnövényzete élesen elkülönült az egyéves kultúrákétól, az utóbbiak tekintetében pedig a tavaszi és őszi vetések gyomvegetációja is jelentősen különbözött. A gyomnövények elterjedését leginkább a foszfor- és agyagtartalom határozta meg (Andreasen & Skovgaard, 2009). Walter *et al.* (2002) szintén arról számoltak be, hogy a talajparaméterek vonatkozásában a foszfor- és agyagtartalom, valamint a pH befolyásolta legnagyobb mértékben a gyomok előfordulását.

Franciaországban Fried *et al.* (2008) rámutattak, hogy az adott kultúrnövény és az elővetemény típusa bizonyultak a legfontosabb tényezőknek. A három fő gyomtársulás a vetésidőszak szerint különült el: az őszi, tavaszi és nyári vetésű kultúráknak megfelelően. A harmadik legjelentősebb gradiens a talaj kémhatásával és szerkezetével asszociálódott: a bázikus agyagtalajok és a savanyú homoktalajok gyomtársulásai élesen elváltak egymástól. A klíma és a földrajzi régiók befolyása kevésbé volt szembeutó, jobbra csak a csapadékkal és a földrajzi hosszúsággal korrelált. Meiss *et al.* (2010) azt tapasztalták, hogy a fajösszetétel a legnagyobb különbséget az évelő és az egyéves kultúrák között mutatta, amelyet az egyéveseken belül az őszi és tavaszi vetések közötti eltérések követtek. Petit *et al.* (2016) feltárták, hogy a franciaországi kalászos vetésekben a fajgazdagsággal ellentétben, a gyomok abundanciája nem a tájléptékű, hanem sokkal inkább a lokális gazdálkodási tényezőktől függ. Spanyolországban Armengot *et al.* (2011) rámutattak, hogy a gazdálkodási intenzifikáció mértékének sokkal jelentősebb hatása volt a gyomflórára, mint a táj komplexitásának. Pál *et al.* (2013) olaszországi vizsgálataik során arról számoltak be, hogy a kalászos vetések fajösszetételét nagymértékben meghatározta a tengerszint feletti magasság, a csapadék, a hőmérséklet és a talajparaméterek. Ugyanakkor az intenzifikáció mértéke bizonyult a legbefolyásosabb tényezőnek, az extenzíven és intenzíven művelt szántók kompozíciója jelentős mértékben különbözött. Vidotto *et al.* (2016) olaszországi kukoricavetésekben végzett felméréseikben azt tapasztalták, hogy a homoktalajok az egyszikű, míg az agyagtalajok inkább a kétszikű gyomfajok elterjedésének kedveztek. A talaj szerkezete, kationcserélő képessége, kémhatása és tápanyagtartalma szintén befolyásolták egyes gyomfajok előfordulását.

El-Sheikh (2013) Ománban végzett tanulmánya szerint a farm létesítése után eltelt idő, a zavarás mértéke és a tengerszint feletti magasság bizonyultak a legfontosabb változóknak a gyomfajok előfordulása szempontjából. Az évelő fajok a hegyvidéki, nagyobb mértékben

degradált, újonnan létrehozott farmokkal korreláltak, míg az egyévesek a sík vidéki, kevésbé degradált régebbi farmokon voltak gyakoribbak. Gomaa (2012) szaúd-arábiai vizsgálatait azt mutatták, hogy a kultúrnövény típusa és a szezonális hatások egyaránt kiemelkedően fontosak a gyomtársulások kiformálódásában. A talaj vezetőképessége, szerves széntartalma és szerkezete szignifikáns összefüggést mutatott néhány gyomfaj térfoglalásával.

Rassam *et al.* (2011) Iránban végzett kutatásuk során feltárták, hogy a gyomtársulások összetételét a művelési mód szignifikáns mértékben befolyásolta. Az extenzív szántókon gyakoribbak voltak a herbicid-érzékeny kétszikűek, míg az intenzíven művelt vetésekben a herbicid-toleráns gyompázsitfűvek magasabb részesedéssel rendelkeztek. Iráni lucernavetésekben a fajok elterjedését leginkább befolyásoló faktorok a tengerszint feletti magasság, valamint a talaj kálium- és sótartalma voltak (Hassannejad & Ghafarbi 2014). Tádzsikisztánban a kultúrnövény típusa határozta meg legnagyobb mértékben a fajösszetételt, ami a kapáskultúrák és a gabonavetések eltérő művelési módjához kapcsolódott. Továbbá fontos szerepe volt még a tengerszint feletti magasságnak és a vele korreláló hőmérsékletnek. A szezonális hatása szintén tekintélyes mértékben megmutatkozott: a tavaszi, nyári és késő nyári felvételek fajösszetétele jelentősen különbözött egymástól (Nowak *et al.*, 2015).

Az USA-ban végzett vizsgálatok arról számoltak be, hogy a gyomtársulások legerősebben a földrajzi hosszúsággal korreláltak, másodsorban pedig a kultúrnövény típusával (Gibson *et al.*, 2013). Mas *et al.* (2010) tanulmányozták Argentínában a gyomnövényzet összetételét transzgénikus glifozát-rezisztens szója vetésekben. A felvételezett vetések a „no-till” periódus hosszában (1-11 év), az előveteményben és a talajtermékenység besorolásában tértek el. A tanulmány rámutatott, hogy bizonyos gyomfajok azokkal a szántókkal asszociálódtak, melyeken már több mint öt éve művelés nélküli direktvetéssel termesztettek. Ezeken a földeken szignifikánsan magasabb volt az évelők és a kétszikűek abundanciája, szemben azokkal, melyeken kevesebb, mint öt éve folyt a „no-till” művelés. Az elővetemény és a talaj termékenysége szintén befolyásolta a gyomnövényzet összetételét. Egyes fajok a magas termékenységi mutatókkal és a kukorica-előveteménnyel, míg mások a búza-előveteménnyel asszociálódtak. Fuente *et al.* (2006) szerint a talajművelési rendszer és a szójafajták voltak azok a fő agronómiai tényezők, amelyek befolyásolták a gyomfajok előfordulását.

1.1.2. Funkciós megközelítés

A növényi jelleg az egyed mérhető morfológiai, élettani vagy fenológiai tulajdonsága. A jellegeken alapuló ökológiai megközelítés szerint a környezeti és gazdálkodási tényezők szűrőként funkcionálva a növényi jellegek alapján határozzák meg, hogy milyen gyomfajok képesek fennmaradni az adott társulásban. A környezeti szűrők úgy működnek, hogy eltávolítanak bizonyos fajokat, melyeknek hiányoznak specifikus jellegei. Így a jellegek szűrése zajlik, és azok által szűródnak ki a fajok. Ezáltal megjósolható a gyomtársulások szerkezeti változása a gazdálkodási és ökológiai szűrőkre adott válaszok ismeretében (Booth & Swanton, 2002; Navas, 2012).

Fried *et al.* (2012) franciaországi búzavetésekben végzett felvételezések kiértékelésével kimutatták, hogy a talajművelés intenzitása a gyomokat magasságuk, magtömegük, életformájuk és terjedési módjuk alapján szűrte meg. Ezzel ellentétben az alkalmazott herbicidek a kései csírázásuk alapján szelektálták ki a gyomfajokat, ami lehetővé tette, hogy elkerüljék a vegyszeres kezeléseket. A sikeres, terjeszkedő gyomfajok apró termetűnek bizonyultak, könnyű volt a magtömegük és hosszú csírázási periódussal rendelkeztek. Ennek a „jellegszindrómának” a kialakulását valószínűleg a vetésforgóban történt változások és a növekvő herbicidhasználat mozdította elő. Az 1970-es és a 2000-es évek franciaországi olajrepcévetéseinek gyomflóra összehasonlítása azt jelezte, hogy előretörték a repcetermesztésre specializálódott gyomfajok. Ezek toleránsak voltak a repcében alkalmazott herbicidekre és csírázásdinamikájukban is hasonlítottak a kultúrnövényre (Fried *et al.*, 2015). A napraforgóvetésekben hasonló gyomspecializáció zajlott le az elmúlt évtizedekben, a napraforgót utánzó funkciós csoportok javára. A gyakoribbá váló fajok nitrogén- és fénykedvelők, továbbá kevésbé érzékenyek a napraforgóban használt kémiai gyomirtó szerekre (Fried *et al.*, 2009a).

Gunton *et al.* (2011) franciaországi gyomfelvételezések adatainak elemzésével kimutatták, hogy nem a kultúrnövény típusa bizonyult a legerősebb jelleg-befolyásoló tényezőnek, hanem a kultúrnövény vetésének ideje. A kései vetésű kultúrák gyomnövényei később csíráztak, később kezdtek virágozni és rövidebb volt a virágzási periódusuk.

Trichard *et al.* (2013) franciaországi vizsgálataikban rámutattak, hogy a művelés nélküli direktvetés kedvezett az évelő és egyszikű fajoknak. Az átállás után a gyomok többet fordítottak a gyökérrendszerük fenntartására, mint a magprodukcióra. Ugyanakkor Hernández Plaza *et al.* (2015) spanyolországi tanulmányukban arról számoltak be, hogy a talajművelés nélküli

gazdálkodás a magtömeg könnyebbé válása és a nagyobb maghozam irányába hatott. Ez utóbbi kutatási témát tovább folytatva Armengot *et al.* (2016) rámutattak, hogy csökkentett talajművelés esetén alacsonyabb termetűek voltak a gyomnövények; a hagyományos talajművelésben viszont kisebb magprodukcióval rendelkeztek a gyomtársulások, valamint gyérebb volt az élő gyomok abundanciája is. Általában a talajművelési rendszer befolyásolta a gyomtársulások funkciós jellemzőit, de ebben a kultúrnövény típusa sokkal fontosabb szerepet játszott.

Jose-Maria *et al.* (2011) spanyolországi tanulmányukban arra a következtetésre jutottak, hogy a gazdálkodási jelleg sokkal erősebben befolyásolta a funkciós kompozíciót, mint a környező táj elemei. A lokális tényezők fontosak voltak az életformák, növekedési formák és megporzási módok szempontjából, míg a táj komplexitása elsősorban a széllal terjedő fajok részesedését befolyásolta.

Lososová *et al.* (2008) megállapították, hogy Közép-Európában a leggyakoribb szántóföldi gyomfajok a következő jellegekkel rendelkeznek: korán virágoznak, alkalmazkodtak az alacsony hőmérséklethez, viszonylagosan árnyéktűrők és magas a tápanyagigényük. Ezzel szemben, Storkey *et al.* (2010) „ritka gyomnövény jelleg szindrómaként” azonosították a következő tulajdonságokat: alacsony termet, nagyméretű mag és késői virágzás. Néhány tanulmány azt is sugallta, hogy az extenzíven művelt rendszerekben a gyomok inkább alacsonyabb termetűek voltak, nagyobb volt a magjuk és később virágoztak az intenzív rendszerekre jellemző fajokhoz viszonyítva (Lososová *et al.*, 2006; Navas, 2012).

1.2. Az értekezésben specifikusan vizsgált növényi kultúrák és gyomviszonyaik jelentősége

 **Extenzíven művelt kalászosok.** A műtrágyák hektáronkénti alacsonyabb adagja és a növényvédő szerek mellőzése az extenzív mezőgazdaság alapvető jellemzője, feltételezve, hogy ilyen a gazdálkodási rendszer, és nem egy gazdasági krízis új keletű és időszakos hatásáról van szó. Az extenzív művelési módok általában a sekély termőrétegű, vagy nehezen művelhető termőhelyeken maradtak fenn. Az extenzív szántórendszereket az intenzív rendszerekkel szemben nagy biológiai sokféleség jellemzi (Márkus, 1994). A legfontosabb extenzív üzemi eljárások Hofmeister (1992) nyomán a következők: a vetésforgóban magas gabonaarány, saját vetőmag felhasználás, kisebb vetéssűrűség alkalmazása, kíméletes talajművelés, műtrágyák és növényvédő

szerek mellőzése, kései tarlóhántás, mechanikai gyomirtás csak kivételes esetben. A mezőgazdasági intenzifikáció következtében eltűnőben lévő gyomfajok utolsó menedékhelyeit biztosítják ezek az életterek (Pinke & Pál, 2005). Korábbi kutatásaink feltárták, hogy Nyugat-Magyarország extenzív vetéseinek gyomtársulásai számos vörös listás fajnak nyújtanak menedéket, ezenfelül jelentős szerepet töltenek be az agroökoszisztémák táplálékláncában, hiszen jelentős a rovarbeporzású és a vadmadarak számára gyommagtáplálékot biztosító fajok részesedése (Pinke & Pál, 2008).

✿ **Napraforgó.** A napraforgó (*Helianthus annuus*) sokoldalú kultúrnövény, amelynek olaját étkezési és ipari célokra egyaránt felhasználják. Számos amerikai, ázsiai és európai ország legfontosabb termesztett növényei közé tartozik (Meakin, 2007). A 19. században – az akkoriban főként szegélynövényként termesztett napraforgó – már az egyik legfontosabb olajnövényünk volt (Frank, 1999). A hazai napraforgótermesztés volumene az utóbbi 15 évben háromszorosára emelkedett, és jelenleg több mint 500 ezer hektáron kultiválják. Ugyanakkor ez a nagy emelkedés számos váratlan növényvédelmi kihívással szembesíti a termelőket. Több, nehezen szabályozható gyomnövény szaporodik el a napraforgóvetésekben, ráadásul az árvakelésű napraforgó még évekkal a napraforgó-elővetemény után is nagy tömegben felléphet (Kukorelli *et al.*, 2011).

✿ **Mák.** Külföldi irodalmi források Magyarországot Tasmania, Törökország, Spanyolország, Franciaország, Csehország, Horvátország és India mellett a jelentős, legális máktermesztő országok között említik (Meakin, 2007; Faostat, 2014). A kezdetben kiskertekben vetett mák (*Papaver somniferum*) nagyobb mértékű szántóföldi kultiválása Magyarországon az 1930-as években indult meg (Sárkány *et al.*, 2001). A kétezres évek első évtizedében mintegy 8-12 ezer hektáron alkaloida, 2-5 ezer hektáron pedig étkezési mákot termesztettek hazánkban (Ari, 2009). A vegetációs periódus kezdetén a mák lassan fejlődik, csak gyenge gyomelnyomó képességgel rendelkezik, és nagyon érzékeny a herbicidekre. Ezért a mák gyomszabályozása meglehetősen összetett feladat, széleskörű ismereteket és szigorú technológiai fegyelmet igényel (Sárkány *et al.*, 2001).

✿ **Rizs.** Napjainkban a világon 163 millió hektáron termesztnek rizst (*Oryza sativa*), melyből Európa részesedése mintegy 700 ezer hektár. Világszerte sokféle termesztési rendszere létezik, sajátos gyomviszonyokkal és gyomproblémákkal (Kraehmer *et al.*, 2016). Egyes feljegyzések szerint Magyarországon már a török hódítók is termesztették (Csapody, 1953), míg más források alapján a 18. században olasz telepesek építették az

első rizstelepeket (Ruzsányi, 1992). A rizs termesztése nagymértékben fellendült a nagyüzemi mezőgazdálkodás kezdeti korszakában, az 1940-es években 20 ezer, míg az 1950-es években több mint 80 ezer hektáron vetették. Ezekben az időkben még nem használtak kémiai növényvédő szereket, így a rizsvetések sokféle mocsári növénynek biztosítottak életteret (Csapody, 1953; Ubrizsy, 1961). Az 1960-as években elkezdődött kemizáció következtében drámai mértékben lecsökkent a rizs gyomflórájának diverzitása (Takács *et al.*, 2013). Az 1970-es években 20-28 ezer hektáron művelték, de az 1990-es évek elején jelentősen visszaesett a hazai rizstermesztés. Napjainkban 2800 hektár körül van a termőterülete (Faostat, 2014).

❁ **Szója.** A világon 2014-ben több mint 117 millió hektáron termesztettek szóját (*Glycine max*) (Faostat, 2014). Ennek a területnek majdnem 80%-a az amerikai kontinensen található, ahol genetikailag módosított herbicid-rezisztens fajtákon alapul a termesztési és növényvédelmi technológiája. Ezzel szemben az Európai Unióban hagyományos módszerekkel történik a szója termesztése és gyomszabályozása. Itt 574 ezer hektár volt a szója vetésterülete, amely a globális termesztés kevesebb, mint 0,5%-át képviseli. Hazánkban a szóját az 1930-as évektől kezdték nagyobb területeken termesztetni, vetésterülete az elmúlt években meghaladta a 40.000 hektárt. Az új agrártámogatási rendszernek és a zöldítési programnak köszönhetően növekvő tendenciát mutat (Balikó, 2015). A gyomviszonyok a szója érését, magasságát, a növények megdőlését, maghozamát, a mag méretét, minőségét és beltartalmi értékét (pl. fehérje-, valamint olajtartalmát) is befolyásolhatják (Cober & Morrison, 2011). Azon kultúrnövények közé tartozik, amelyek a magas gyomfertőzöttségre rendkívül érzékenyek, azaz jelentős termésvesztéssel reagálnak, ezért a hatékony gyomszabályzási rendszere megköveteli a magas színvonalú technológiai szaktudást a termelőktől (Vollmann *et al.*, 2010).

❁ **Olajtök.** Világszerte számos *Cucurbita pepo* fajtából állítanak elő étkezési olajokat. Ezek egyike a stájer olajtök (*Cucurbita pepo* L. subsp. *pepo* var. *styriaca* Greb.), amely a néhai Osztrák-Magyar monarchia délnyugati részén keletkezett héj nélküli mutáns. Az utóbbi évtizedekben számos új változatát és hibridjét termesztik, főként Ausztriában, Magyarországon, Szlovéniában és Szerbiában. Speciális olaját az élelmiszeriparban és gyógyszergyártásban egyaránt felhasználják (Teppner, 2004; Fruhwirth & Hermetter, 2008; Lelley *et al.*, 2009). Hazánkban ipari és kertészeti kultúraként egyaránt értelmezik, mind technológiai, mind pedig ökonómiai szempontból perspektivikus alternatív növény, melyet jelenleg 20-25 ezer hektáron termesztene (Madai & Lapis, 2016). A

tökfélék termesztésének a gyomszabályozás a legkritikusabb eleme. A vegetációs periódus kezdetén csak csekély gyomelnyomó képességgel rendelkeznek, ezért a korai gyomosodás jelentős termés kiesést okozhat. A kifejlődött tökvegetáció már biztosít némi árnyékolást és ezáltal valamennyi gyomelnyomó hatással is felvérteződik, ugyanakkor az indafutás kezdete után már nem lehet a sorközművelő kultivátort alkalmazni. Ráadásul, csak kevés számú herbicid felhasználása engedélyezett, melyek mindemellett drágák, gyenge hatásfokúak és potenciális sérüléseket okozhatnak a töknövényen is (Brown & Masiunas, 2002; Marr *et al.*, 2004; Kammler *et al.*, 2008; Walters & Young, 2012). Hazánkban, az olajtök gyógyszerként és gyógyélelmiszer-alapanyagként való hasznosítása révén, gyomszabályozásában az agrotechnika szerepe jóval nagyobb, mint a vegyszeres védekezése (Farkas, 2015).

1.3. Az értekezésben specifikusan tanulmányozott gyomnövény: az ürömlevelű parlagfű

Az észak-amerikai eredetű ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) az egyik legjelentősebb özönnövény Európában (Kazinczi *et al.*, 2008a). Inváziójának sikeressége számos sajátos tulajdonságának köszönhető. Széles ökológiai toleranciával rendelkezik és sokféle bolygatott élőhely-típust képes kolonizálni (Fumanal *et al.*, 2008b); nagy perzisztens magbankkal rendelkezik (Fumanal *et al.*, 2008a); magtömege nagy plaszticitású (Fumanal *et al.*, 2007), rezisztenciát mutat többféle herbiciddel szemben (Kazinczi *et al.*, 2008c); allelopatikus hatással rendelkezik (Kazinczi *et al.*, 2008b); arbuszkuláris mikorrhiza kapcsolatokat létesít (Fumanal *et al.*, 2006); a meghódított területeken hiányoznak a természetes ellenségei (MacKay & Kotanen, 2008), az inváziós populációkban nagy a genetikai variabilitása (Genton *et al.*, 2005; Chun *et al.*, 2010), valamint a kolonizáló populációkban magas az idegentermékenyülési rátája (Friedman & Barrett, 2008).

A parlagfű nem rendelkezik különleges diszperziós mechanizmussal. A kaszatok többnyire emberi tevékenység révén terjednek, mezőgazdasági gépekkel, talaj- vagy magtranszporttal, de a folyóvizek és a madarak által közvetített terjedését is dokumentálták (Bassett & Crompton, 1975; Lavoie *et al.*, 2007; Bohren *et al.*, 2008). A parlagfüvet a 19. század folyamán mezőgazdasági terményekben és madáreleségben is behurcolták Európába (Chauvel *et al.*, 2006; Brandes & Nietzsche, 2007). Elsősorban bolygatott élőhelyeket kolonizál, mint pl. útszéleket, folyópartokat, elhagyott területeket és vetéseket (Fumanal *et al.*, 2008b).

Napjainkban a parlagfű súlyos egészségügyi problémákat és termésveszteségeket okoz számos európai országban (Kazinczi *et al.*, 2008b).

A parlagfű kárpát-medencei inváziója az I. világháború környékén kezdődött, amikor fertőzött gabonaszállítmányok érkeztek a monarchia tengeri kikötőibe (Szigetvári & Benkő, 2008; Csontos *et al.*, 2010). Az országos szántóföldi gyomfelvételezések szerint a parlagfű átlagborítása az 1950-es évek óta folyamatosan növekedett és az utóbbi évtizedekben hazánk legfontosabb gyomnövényévé lépett elő (Novák *et al.*, 2009). A faj terjedését az iparszerű szocialista gazdálkodás és a rendszerváltás időszakában széteső nagyüzemi viszonyok egyaránt elősegítették (Kiss & Béres, 2006).

1.4. A dolgozat szerkezete és kutatási kérdések

Az értekezés alapját 6 különböző terepi gyomfelvételezési projekt képezi, amelyek során hazánk területén, 2007 és 2016 között összesen 947 szántóföldet, 3948 mintavételi helyen vizsgáltunk meg munkatársaimmal. Nyolcféle kultúrnövény gyomviszonyait tanulmányoztuk, melyek közül a kalászosok, a napraforgó, a mák, a szója, az olajtök és a rizs esetében kultúrnövény-specifikus esettanulmányok is készültek, míg a kukorica és a tarlók adatai csupán az általánosabb kérdéseket megcélzó fejezetekben kerültek kiértékelésre. Az adatsorokkal 9 különféle elemzést hajtottunk végre, melyek közül egy – a hazánkban legtöbb gondot okozó szántóföldi gyomnövényre – az ürömlevelű parlagfűre fókuszál. Értekezésemben a kutatások alapegységeit döntően a fajok jelentik, mindamelllett egy témakör növényi jellegeket is tanulmányoz, de ez utóbbi eredményei is könnyen interpretálhatók a fajösszetétel szempontjából. Az egyes tanulmányok között számos tematikai összefüggés és módszertani hasonlóság – de egyúttal különbözőség – is fennáll. Az „Anyag és módszer” fejezetben több összevonást eszközöltem, de a 9 elemzés eredményeit külön alfejezetekben ismertetem, a diszkusszió témaköreit pedig – az értekezés fő vezérfonalának megfelelően – az abiotikus és gazdálkodási tényezők hatásainak megvitatása mentén rendszerezem. Az egyes tanulmányokban megfogalmazott kutatási kérdések a következők:

- ✿ **Extenzív és intenzív kalászos vetések gyomnövényzetének összehasonlítása.** Korábbi kutatásaink rámutattak, hogy Nyugat-Magyarország extenzíven művelt szántóinak gyomtársulásai vörös listás gyomfajoknak nyújtanak menedéket, továbbá jelentős szerepet töltenek be az agroökoszisztémák táplálékláncában, így feltétlen természetvédelmi figyelmet és fenntartó intézkedéseket érdemelnének. Ugyanakkor,

ezek a korábbi kutatások csak az extenzíven művelt kisparcellákra fókuszáltak és a klasszikus cönológia leíró módszereinek alkalmazásával készültek. Vizsgálataim során ezért két másik gazdálkodási típus bevonásával összehasonlítottam az extenzíven művelt kisparcellák, valamint az intenzíven művelt kis- és nagyparcellák florisztikai összetételét. A következő kérdésekre kerestem választ: (1) Vajon a gazdálkodási rendszerek különböznek gyomnövényzetük florisztikai összetételében és természetvédelmi jelentőségükben? (2) Mely gyomfajok asszociálódnak az egyes gazdálkodási módokkal?

✿ **A nyárutói gyomvegetáció fajösszetételét befolyásoló tényezők.** A gyomvegetáció florisztikai összetételét vizsgáló külföldi kutatások gyakran eltérnek az abiotikus és a gazdálkodási változók fontosságának megítélésében. Számos tanulmány fontosnak tűnő gazdálkodási tényezők összegyűjtésének hiányában von le következtetéseket. Az országos kiterjedésű felmérésünkhöz kapcsolódó hosszú ökológiai gradiensek az abiotikus tényezők jelentősebb befolyását vetítették előre; ugyanakkor a jó ökológiai indikátorfajok érzékenysége miatt, az intenzív művelés inkább a gazdálkodási tényezők nagyobb fontosságát predesztinálta. Ezenfelül, a hely kontextusa (a szomszédos vegetáció és a kvadrát pozíciója) is befolyásolhatja az egyes változók rangsorát. A vizsgálatok során az alábbi kérdésekre kerestem választ: (1) Melyik abiotikus, gazdálkodási és hely-kontextus tényezők határozzák meg a nyárutói gyomvegetáció összetételét? (2) Vajon az abiotikus vagy gazdálkodási tényezők lesznek fontosabbak az országos kiterjedésű felvételezés intenzíven művelt vetéseiben? (3) A hely-kontextus befolyásolja az abiotikus és gazdálkodási tényezők relatív fontosságát?

✿ **A napraforgóvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők.** Az előző pontban vázolt kutatási téma három kultúrnövény típust (kukorica, napraforgó, tarló) felölelve a nyárutói gyomvegetáció egészével foglalkozott, és a herbicidek – nagy változatosságuk miatt – nem kerültek be az analízisbe. Az általánosabb vegetációtani kérdések előtérbe helyezése miatt a napraforgótermesztéshez speciálisan kapcsolódó gazdálkodási tényezők többségének hatását nem lehetett nyomon követni. Ebben a vizsgálatban kizárólag a napraforgóvetések táblabelsőire fókuszálva, a következő kérdésre kerestem választ: Melyek a napraforgóvetések gyomnövényzetének fajösszetételét és jelentős gyomfajainak tömegességét meghatározó legfontosabb abiotikus és gazdálkodási tényezők?

-  **A mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők.** A hazai máktermesztő körzetek viszonylag egyöntetű klimatikus és edafikus viszonyai miatt, valamint a szigorú termesztéstechnológiai előírások következtében, a mákvetések esetében az abiotikus tényezők kisebb mértékű dominanciája volt várható a gazdálkodási faktorokkal szemben. Vizsgálatom során a következő kérdésre kerestem választ: Melyek a mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételét és jelentős gyomfajainak tömegességét meghatározó legfontosabb abiotikus és gazdálkodási tényezők?
-  **A rizsvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők.** Annak ellenére, hogy a rizs hazai termőterülete nagymértékben lecsökkent, napjainkban jövedelmező ágazatként működik a termesztésére legalkalmasabb régióinkban. Mindazonáltal, hazánkban az 1960-as évek óta nem jelent meg átfogó tanulmány a rizs gyomnövényzetéről. Ugyanakkor, ezek a Közép-Európában unikálisnak számító vetések kiváló lehetőséget nyújtanak a háttértényezők és a gyomfajösszetétel kapcsolatának tanulmányozásához, a rizstermesztés egyik legészakibb fekvésű körzetében. Vizsgálatom során a következő kérdésre kerestem választ: Melyek a rizsvetések gyomnövényzetének fajösszetételét és jelentős gyomfajainak tömegességét meghatározó legfontosabb abiotikus és gazdálkodási tényezők?
-  **A szójabetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők.** Az amerikai kontinensen – ahol jelenleg óriási problémát okoznak a glifozát-rezisztens és glifozát-toleráns gyomnövények – már számos tanulmány készült a GMO technológiákon alapuló szójatermesztési rendszerek gyomnövényzetét befolyásoló tényezőkről. Ugyanakkor Európában, – ahol a konvencionális szójatermesztést szintén nagy kihívások elé állítják a gyomszabályozási nehézségek – még nem készültek hasonló tanulmányok. Vizsgálatom során a következő kérdésre kerestem választ: Melyek a szójabetések gyomnövényzetének fajösszetételét és jelentős gyomfajainak tömegességét meghatározó legfontosabb abiotikus és gazdálkodási tényezők?
-  **Az olajtökvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők.** Mivel a hazai olajtöktermesztés három – egymástól ökológiai adottságaiban jelentősen eltérő – körzetre koncentrálódik, várhatóan a környezeti tényezők lesznek a gyomtársulások összetételének legfontosabb prediktorai. Mivel ebben a kultúrában a herbicideket csak kiegészítő eszközként veszik tekintetbe a sokkal fontosabbnak vélt agrotechnikai és mechanikai gyomszabályozás mellett, a kultúra kitűnő lehetőséget nyújt a nem vegyszeres gazdálkodási tényezők fontosságának tanulmányozásához. Vizsgálatom

során a következő kérdésekre kerestem választ: (1) Melyek az olajtökvetések gyomnövényzetének fajösszetételét és jelentős gyomfajainak tömegességét meghatározó legfontosabb abiotikus és gazdálkodási tényezők? (2) Vajon a nem vegyszeres gazdálkodási módszerek ténylegesen fontosabb szerepet tölthetnek be a herbicideknél?

✿ **Az *Ambrosia artemisiifolia* előfordulását és tömegességét befolyásoló tényezők.** A parlagfűfertőzés mértéke meglehetősen különbözik az egyes hazai régiókban, ami valószínűleg azzal van kapcsolatban, hogy bizonyos abiotikus és gazdálkodási tényezők hatással vannak a parlagfű szántóföldi térfoglalására. Számos publikáció foglalkozik a parlagfű elterjedésével, élőhelyi preferenciájával és szabályozásának lehetőségeivel, de nem készült olyan komplex, országos kiterjedésű tanulmány, amely a különböző tényezők és a parlagfű térfoglalása közötti kapcsolatokat vizsgálja. Kutatómunkám során a nyárutói gyomvegetáció adatsorának további elemzésével a következő kérdésre kerestem választ: Melyek azok az abiotikus és gazdálkodási tényezők, amelyek pozitív vagy negatív korrelációban vannak a parlagfű előfordulásával és tömegességével?

✿ **„Ritka gyomnövény jelleg szindrómák” keresése szántóföldi intenzifikációs gradiensek mentén.** A fenti pontokban bemutatott összes témakör a fajokat független entitásként vette figyelembe. Az itt vázolt kutatásban a kalászos vetések és tarlók gyomtársulásait funkciós jellegek alapján is jellemeztük. Megvizsgáltuk a fajok ritkaságával összefüggő korrelációkat az extenzív és intenzív kalászos vetések összehasonlításával, valamint kvantitatív gazdálkodási tényezők bevonásával kerestük a ritka fajok térfoglalásának prediktorait a tarlókon. Ezt követően néhány olyan gyomjelleg felhasználásával, melyek feltételezhetően válaszolnak a szántóföldi intenzifikációra, összehasonlítottuk az extenzív és intenzív kalászos vetéseket, funkciós osztályozáson alapuló konvergens és divergens multijelleg mintázatokat és szindrómákat keresve. A tarlóadatokban is olyan funkciós mintázatokat kerestünk, melyek legjobban asszociálódtak a gazdálkodási faktorokkal. Az elemzés során az alábbi kérdésekre kerestem választ: (1) Milyen mértékben különbözik a ritka fajok térfoglalásának részesedése (a) az intenzíven és extenzíven művelt kalászos vetések és (b) az eltérő gazdálkodási „előzményekkel” rendelkező tarlók között? (2) Melyik jellegek alapján különíthetők el legjobban az intenzifikáció mértéke szerint a (a) kalászos vetések és (b) tarlók gyomtársulásai?

1.5. Az értekezés alapjául szolgáló publikációk

Az értekezésben tárgyalt fejezetek 9 szakcikk és egy áttekintő tanulmány eredményein alapulnak, melyek megjelenésük időrendjében felsorolva a következők:

- ✿ **Pinke Gy.**, Pál R., Botta-Dukát Z., Chytrý M. (2009): Weed vegetation and its conservation value in three management systems of Hungarian winter cereals on base-rich soils. *Weed Research* 49 (5): 544-551. IF: 2,033.
- ✿ **Pinke Gy.**, Karácsony P., Czúcz B., Botta-Dukát Z. (2011): Environmental and land-use variables determining the abundance of *Ambrosia artemisiifolia* in arable fields in Hungary. *Preslia* 83 (2): 219-235. IF: 2,521.
- ✿ **Pinke Gy.**, Pál R., Tóth K., Karácsony P., Czúcz B., Botta-Dukát Z. (2011): Weed vegetation of poppy (*Papaver somniferum*) fields in Hungary: effects of management and environmental factors on species composition. *Weed Research* 51 (6): 621-630. IF: 1,924.
- ✿ **Pinke Gy.**, Karácsony P., Czúcz B., Botta-Dukát Z., Lengyel A. (2012): The influence of environment, management and site context on species composition of summer arable weed vegetation in Hungary. *Applied Vegetation Science* 15 (1): 136-144. IF: 2,263.
- ✿ **Pinke Gy.**, Karácsony P., Botta-Dukát Z., Czúcz B. (2013): Relating *Ambrosia artemisiifolia* and other weeds to the management of Hungarian sunflower crops. *Journal of Pest Science* 86 (3): 621-631. IF: 2,664.
- ✿ **Pinke Gy.**, Csiky J., Mesterházy A., Tari L., Pál R., Botta-Dukát Z., Czúcz B. (2014): The impact of management on weeds and aquatic plant communities in Hungarian rice crops. *Weed Research* 54 (4): 388-397. IF: 1,687.
- ✿ **Pinke Gy.**, Gunton R. (2014): Refining rare weed trait syndromes along arable intensification gradients. *Journal of Vegetation Science* 25 (4): 978-989. IF: 3,709.
- ✿ **Pinke Gy.**, Blazsek K., Magyar L., Nagy K., Karácsony P., Czúcz B. & Botta-Dukát Z. (2016): Weed species composition of conventional soyabean crops in Hungary is determined by environmental, cultural, weed management and site variables. *Weed Research* 56 (6), 470–481. IF: 1,782.
- ✿ **Pinke Gy.** (2016): Ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a szántóföldi gyomtársulások faj- és jellegösszetételére. *Botanikai Közlemények* 103 (2): 249–262.
- ✿ **Pinke Gy.**, Karácsony P., Czúcz B., Botta-Dukát Z. (2017): When herbicides don't really matter: weed species composition of oil pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fields in Hungary. *Crop Protection* (In press), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.06.018> IF₂₀₁₆: 1,834.

2. Anyag és módszer

2.1. Adatgyűjtés

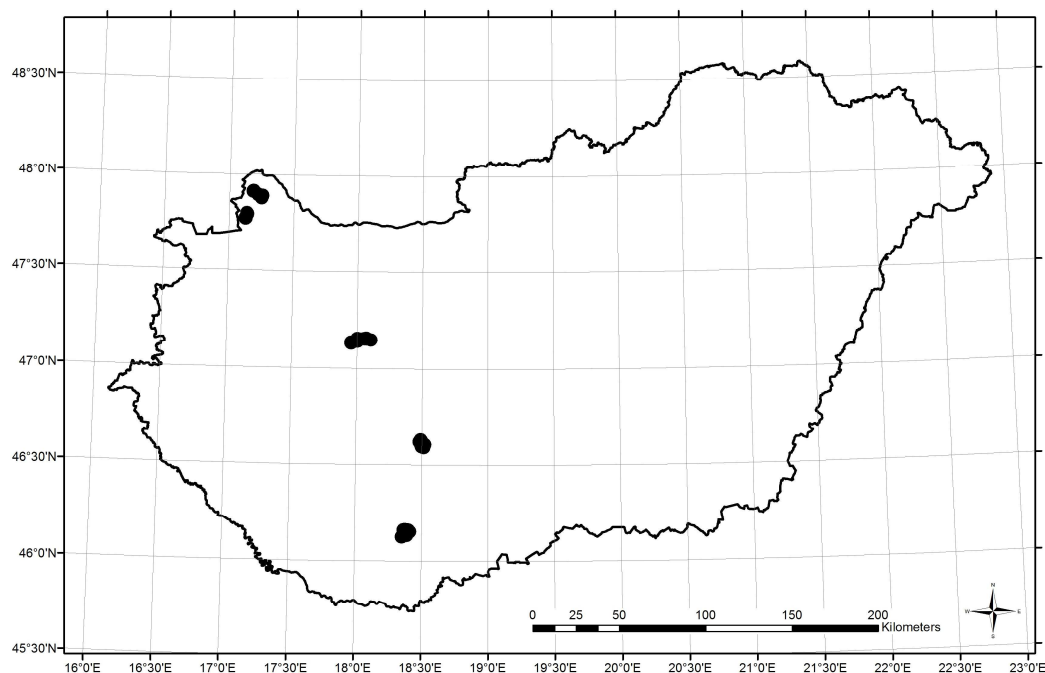
2.1.1. A gyomfelvételezések módszere

A gyomok és a kultúrnövények borítását a mintaterületeken minden kultúrában közvetlen százalékos értékkel becsültük meg. A kalászos vetések esetében minden egyes parcella szegélyében (az első vetéssoron belül) 10 db 1 m²-es kvadrátot jelöltünk ki. A rizsvetésekben kalickánként 2 db 100 m²-es, a vetésszegélytől befelé legalább 10 m távolságra elhelyezett mintaterületen folyt a gyomfelvételezés. A kukorica-, napraforgó-, mák-, szója- és olajtökvetésekben, valamint a tarlókon szántónként 4 db 50 m²-es mintaterületen végeztük a gyomfelvételezést; egy mintaterület a szántóföld szegélyében került kijelölésre (az első vetéssoron belül), három pedig a szántóföld belsejében, különböző távolságokra (10 és 300 m között) a szántóföld szegélyétől. Ezen kritériumokat leszámítva, a mintaterületek kiválasztása véletlenszerűen történt minden egyes szántón. A szegélyek bevonását a felvételezésbe azért tartottuk szükségesnek, mert korábbi kutatások rávilágítottak, hogy a legtöbb ritka és veszélyeztetett gyomnövény előfordulása általában a szántók szegélyére korlátozódik (Elsen & Scheller, 1995; Wilson & Aebischer, 1995). Ugyanakkor a rizsben nem vizsgáltuk meg a szegélyeket, mert azokon a helyeken túl nagy volt a gépek taposása.

2.1.2. Extenzív és intenzív kalászos vetések gyomfelvételezése

A Dunántúlon, négy, extenzív szántókban viszonylag gazdag, bázikus talajú tájegység került kiválasztásra: a Mosoni-sík, a Veszprém-Devecseri-árok, a Mecsek hegység és a Tolnai-dombság. Ezen régiók mindegyikében kijelöltünk 5 db extenzíven művelt, kalászosokkal bevetett kisparcellát. Minden egyes így kiválasztott extenzív vetés közeli szomszédságában véletlenszerűen kijelöltünk egy intenzíven művelt kisparcellát és egy intenzíven művelt nagyparcellát is (1. ábra). Az extenzív kisparcellák átlagos táblamérete 0,66 ha (minimum: 0,06 ha, maximum: 1,8 ha) volt, az intenzív kisparcelláké 0,57 ha (min.: 0,18, max.: 1,6 ha), míg az intenzív nagyparcelláké 65,25 ha (min.: 20, max.: 200 ha). Ezeknek a „parcellahármasoknak” hasonlóak voltak az abiotikus viszonyai és egymástól általában 50-2000 m, ritkábban 5000 m távolságra helyezkedtek el. A vizsgált szántókra a következő gabonákat vetették: búza (*Triticum aestivum*), tritikálé (*×Triticale rimpauī*), és árpa (*Hordeum vulgare* és *Hordeum*

distichon). Összesen 600 kvadrátot felvételeztünk (10 kvadrátot 5 parcellában, 3 gazdálkodási típusban, 4 földrajzi régióban) 2007. május 20. és június 10. közötti időszakban.



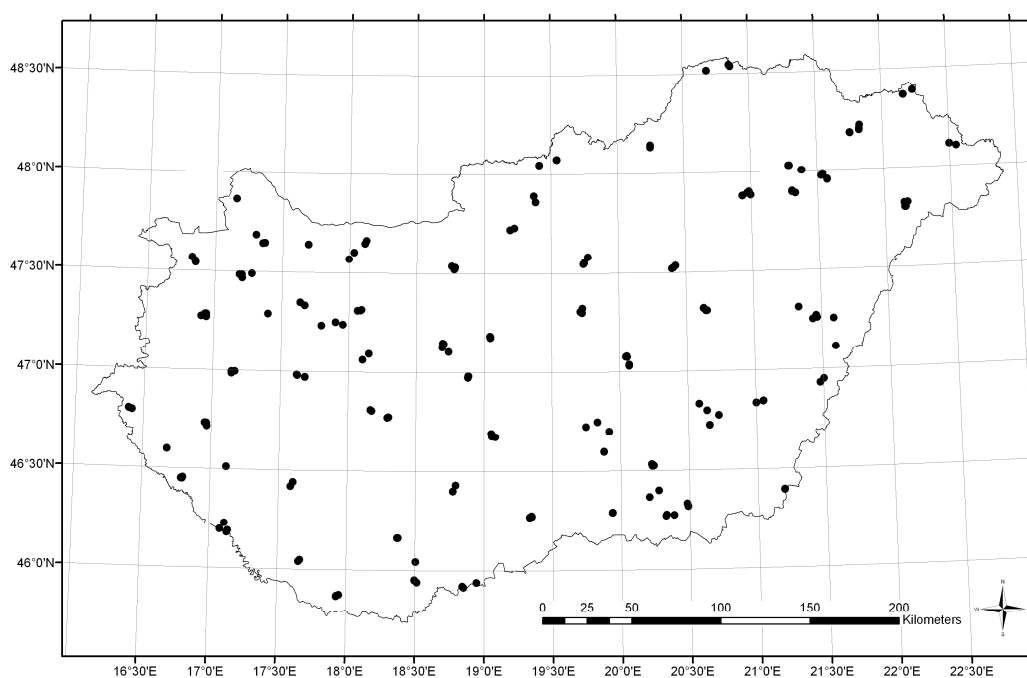
1. ábra. A felvételezett kalászos vetések területi eloszlása.¹

2.1.3. Nyárutói gyomvegetáció felvételezése

Ennél a projektnél lehetőségünk volt a rétegzett mintavétel alkalmazására, mert a vizsgált kultúrák általánosan elterjedtek voltak az egész országban. Magyarország területét a 45°30' és 49°00' északi szélesség, valamint a 16°00' és 23°00' keleti hosszúság között 56 gridre osztottuk. Minden egyes gridben kerestünk olyan gazdálkodókat, akik megengedték, hogy szántóföldjeiken gyomfelvételezést végezzünk, és megadták a szántóföldjeikre vonatkozó gazdálkodási információkat. Minden gridben összesen 5 szántóföldet vizsgáltunk meg. Azokban a gridekben, melyeken keresztülment az országhatár, és a grid nagyobb része a szomszédos államhoz tartozott, általában csak három szántóföldet felvételeztünk. Az így kiválasztott 243 szántóföld Magyarország területén egyenletes eloszlást mutatott (2. ábra). Összesen 972 mintaterületen (4-4 kvadrátban 243 szántón) végeztünk szántóföldi gyomfelvételezést 2009. július 27. és augusztus 25. között. 102 kukoricavetést, 71 napraforgóvetést, valamint 70 gabona- és repcevetés tarlóit vizsgáltuk meg.²

¹ Az 1-6. ábrák méretarányában egy pont több szántót is reprezentálhat.

² A későbbi években más kultúrákat is felvételeztünk nyárvégi aspektusban, de az értekezésben a „nyárutói gyomvegetáció” kifejezés konkrétan erre a kutatásra vonatkozik.



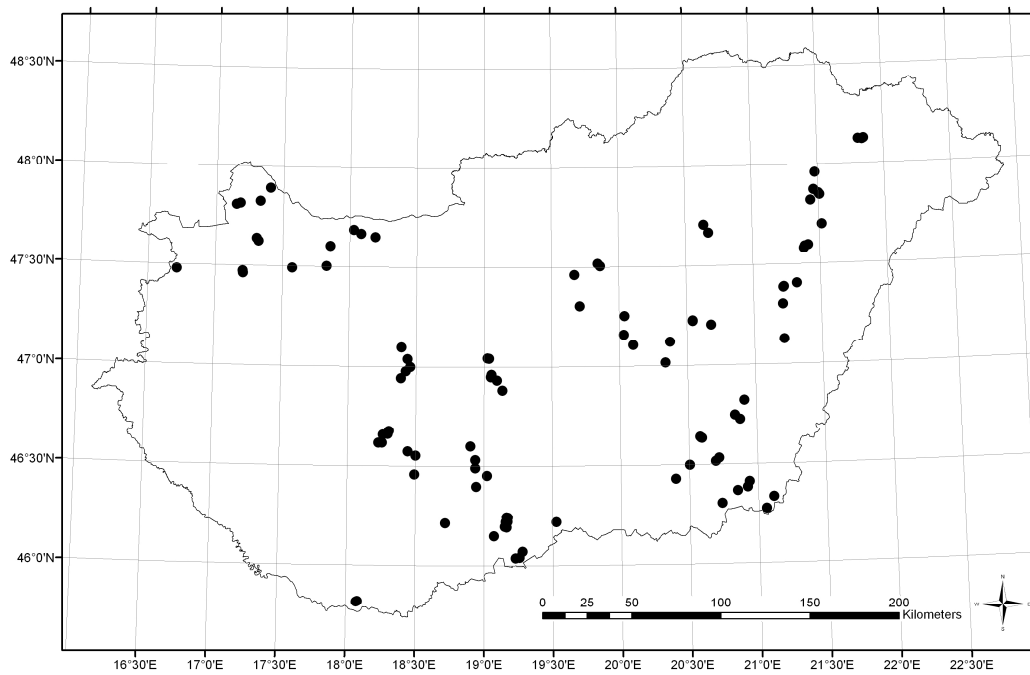
2. ábra. A felvételezett vetések területi eloszlása a nyárutói gyomvegetáció vizsgálata során.

2.1.4. Mákvetések gyomfelvételezése

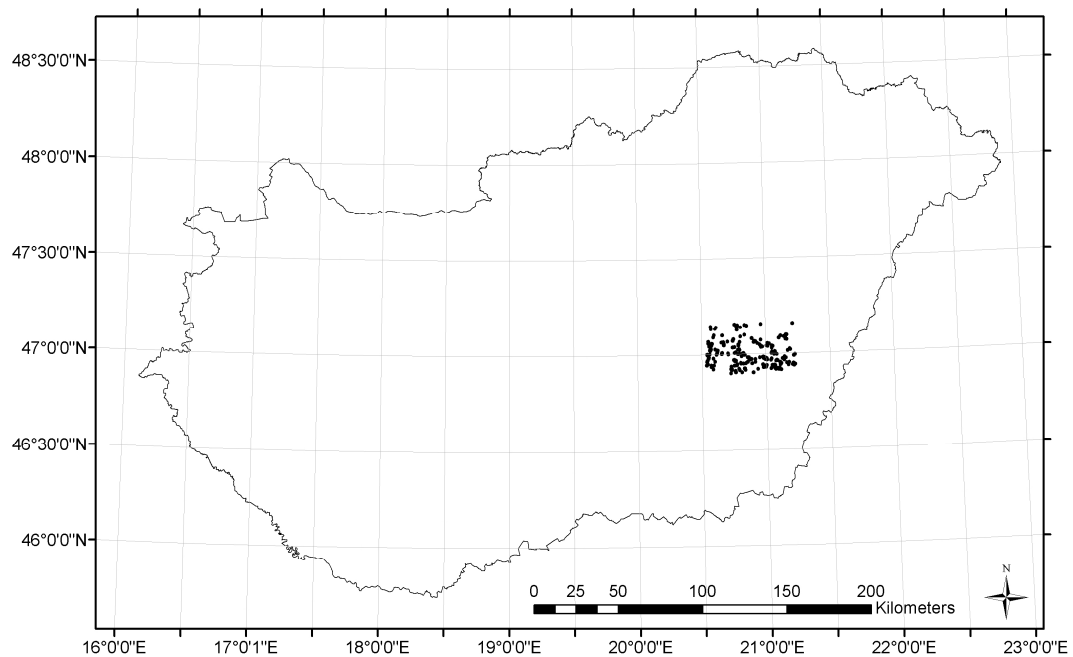
A termesztési cél alapján alkaloida és étkezési mákvetéseket felvételeztünk hazánk máktermesztő körzeteiben (3. ábra). Összesen 77 alkaloida mákvetést (308 felvétel) és 25 étkezési mákvetést (100 felvétel) vizsgáltunk meg (összesen 102 mákvetés, 408 mintaterületen) 2010. május 30. és június 14. között.

2.1.5. Rizsvetések gyomfelvételezése

A jelenleg működő, hazai rizstermesztő gazdaságok közül Szarvas, Mezőtúr, Gyomaendrőd és Csárdaszállás környékén 2012. július 25. és 30. között gyomfelvételezést végeztünk. Összesen 200 mintateret (2-2 kvadrátot 100 rizskalickában) vizsgáltunk meg (4. ábra). A makrofita flóra tagjait faji szinten azonosítottuk, míg a rendszertanilag sokféle eredetű fonalas szerveződésű moszatokat egy csoportba soroltuk.



3. ábra. A felvételezett mákvetések területi eloszlása.

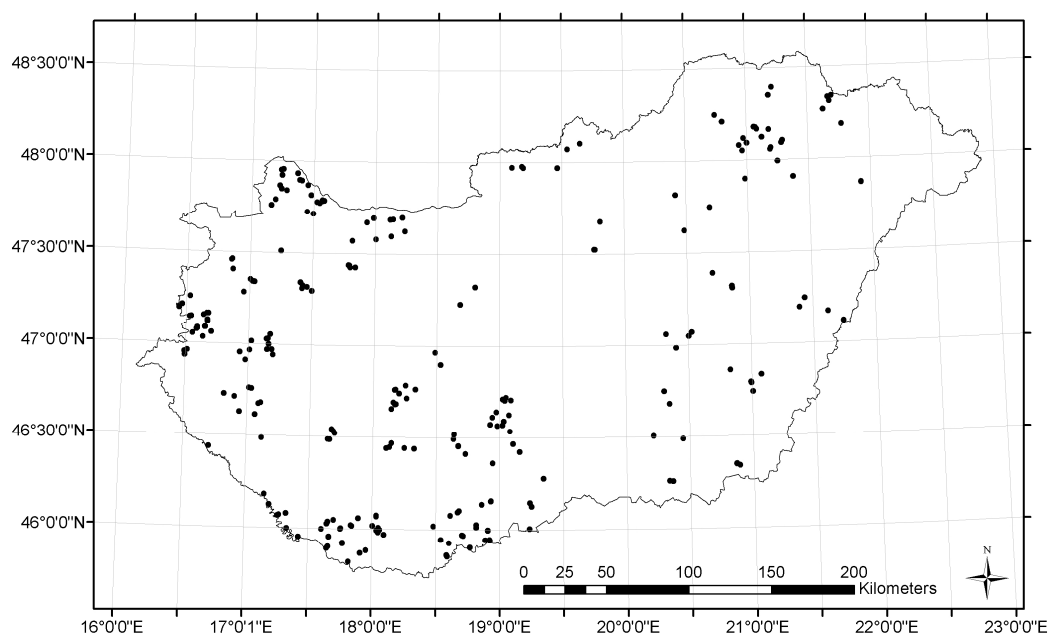


4. ábra. A felvételezett rizsvetések területi eloszlása.

2.1.6. Szójavetések gyomfelvételezése

2013 és 2015 között országos méretű szója gyomfelvételezést végeztünk, melybe hazánk minden szójatermesztésre alkalmas régióját bevontuk (5. ábra). A terepi felvételezések

időszaka mindhárom évben július végétől szeptember elejéig tartott. Összesen 1048 mintateret vizsgáltunk meg (4-4 kvadrátot 262 szántón).



5. ábra. A felvételezett szójabvetések területi eloszlása.

2.1.7. Olajtökvetések gyomfelvételezése

2015-ben és 2016-ban összesen 180 olajtökvetést vizsgáltunk meg. Hazánkat három fő olajtöktermesztő régióra osztottuk, és ennek megfelelően a Dunántúlon, az Alföldön és Észak-Magyarországon egyaránt 60 olajtökvetést felvételeztünk (6. ábra). A terepi felvételezések időszaka mindkét évben július végétől szeptember elejéig tartott. Összesen 720 mintateret vizsgáltunk meg (4-4 kvadrátot 180 szántón).

2.1.8. Gazdálkodási és abiotikus adatok gyűjtése

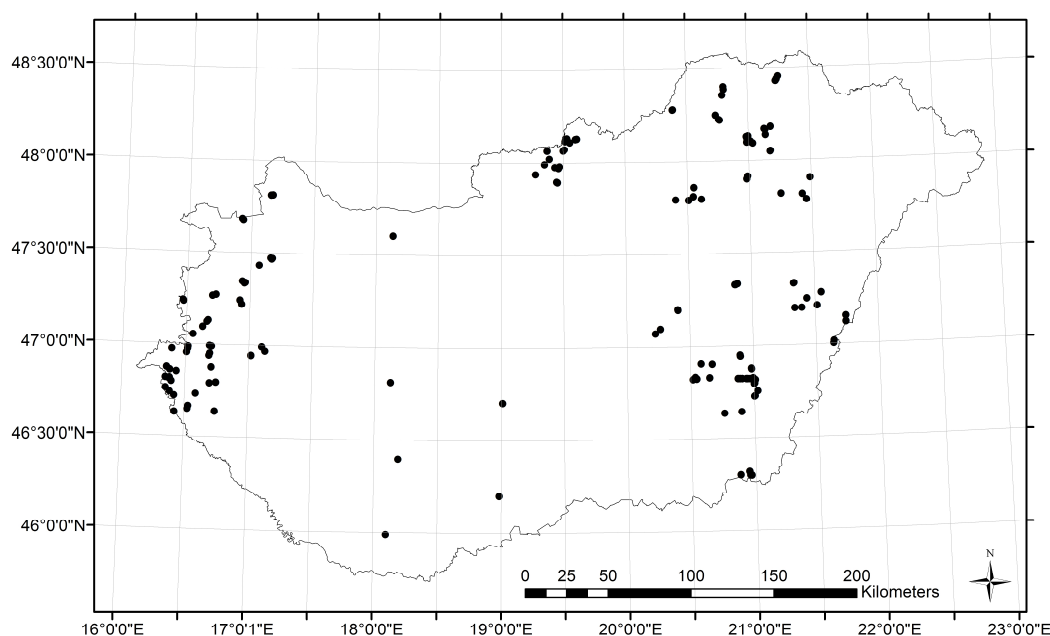
A kalászos vetések felkutatása közben elsősorban korábbi tanulmányainkra támaszkodtunk, melyek során rendszeresen bejártuk a vizsgált területeket, és a tereptapasztalataink ismeretében az „extenzív” kategóriába olyan parcellákat választottunk ki, amelyek nem részesültek vegyszeres gyomirtásban a kutatást megelőző 5-10 évben, ugyanakkor az „intenzív” típusú vetéseket herbicidekkel kezelték. A legtöbb esetben nem sikerült felkutatnunk a kisparcellák tulajdonosait, így egyéb gazdálkodási tényezőket nem állt módunkban összegyűjteni.

A nyárutói gyomvegetáció, a mák-, a szója-, az olajtök- és a rizsvetések felvételezése előtt, minden esetben, levélben vagy telefonon kapcsolatot kezdeményeztünk a

gazdálkodókkal. Később felkerestük azokat a termeszőket, akik hajlandóságot mutattak a kutatásban való részvételre, és mindegyiküknél megvizsgáltunk egy vetést. A gyomfelvételezésekkel párhuzamosan, előre elkészített kérdőívek felhasználásával megkérdeztük az adott szántókon alkalmazott gazdálkodási eljárások adatait (7. ábra). Néhány esetben több termőföldet is felvételeztünk egy gazdálkodónál, ha azok az alkalmazott agrotechnikában vagy herbicidekben jelentősen különböztek.

A felvételezések során talajmintákat gyűjtöttünk, melyeket az UIS Ungarn (Mosonmagyaróvár) vagy a Beta Kft. (Sopronhorpács) talajlaboratóriumokban vizsgáltattunk meg. A szántókra vonatkozó hőmérsékleti adatokat a „WorldClim” adatbázisból (Hijmans *et al.*, 2005), a csapadékadatokat pedig a Magyar Meteorológiai Szolgálat (HMS, 2001) adatbázisából kerestük ki. A rizsvetések vizsgálatakor minden mintaterületen egy Hanna Combo HI98129 műszerrel megmértük a víz pH-ját, vezetőképességét, hőmérsékletét és sótartalmát. A földrajzi pozíciókat és a tengerszint feletti magasságot a terepen minden esetben Garmin GPSmap 60CSx készülékkel mértük be.

A felvételezésekkel párhuzamosan összegyűjtött abiotikus és gazdálkodási változókat és azok tanulmányspecifikus csoportosításait az 1-7. mellékletek, valamint az 1. táblázat tartalmazzák.



6. ábra. A felvételezett olajtökvetések területi eloszlása.



7. ábra. Gyomfelvételezések (balra) és interjú a gazdálkodókkal (jobbra) különböző kultúrákban.³

³ Az értekezésben szereplő fényképek Pinke Gyula felvételei.

2.1.9. Felhasznált adatbázisok

A kalászos vetésekben és tarlókon felvételezett fajok esetében növényi jellegek és konzervációbiológiai mutatók összeírására is sor került. A magtömegeket a „*Seed Information Database at the Royal Botanic Gardens Kew*” (2008) adatbázisból; míg a növények maximális magasságát, a virágzás kezdetének hónapját, a virágzás időtartamát, a rendszertani (egyszikű-kétszikű) besorolásokat Király (2009); az ökológiai indikátor értékeket Borhidi (1993); az életformákat pedig Ujvárosi (1973a) munkái alapján gyűjtöttük össze. Mivel viszonylag kevés felvételezett faj szerepelt Király (2007) Vörös Listáján (a kalászosokban 11, míg a tarlókon kettő), a „ritka” kategóriát kiegészítettük olyan további fajokkal, melyek Király (2009) flóraművében hazánk minden régiójában „ritka”, „szórványos”, vagy „eltűnőben” jelzöt kaptak. Ennek következtében a kalászosokban 39, míg a tarlókon 33 lett a ritka fajok száma. A fajok nevezéktana Király (2009), a beporzási módok (Soó, 1964-1980), míg a gyommagok madáreleségben betöltött fontossága Keve *et al.* (1953) munkáját követi. A terepi adatokat Turboveg (Hennekens & Schaminee, 2001) és Excel formátumokban tároltuk.

2.2. Adatfeldolgozás

2.2.1. A kalászos vetések adatainak feldolgozása

Az analízishez minden egyes parcella 10 kvadrátjából átlagoltuk a fajok borítását és logaritmustranzformáltuk. A gyomadatokat varianciáját főkomponens analízissel (PCA) vizsgáltuk a CANOCO 4.5 programcsomag felhasználásával (ter Braak & Smilauer, 2002). A rövid fajkompozíciós grádiensek miatt választottuk ezt a fajok és a háttértényezők között lineáris kapcsolatot feltételező módszert. A környezeti tényezőket passzívan vetítettük az ordinációs diagramra a faj- és helypontok kiszámítása után. A magyarázó változók (gazdálkodási típus, kultúrnövény-borítás és klíma) hatását a fajösszetételre redundancia analízissel (RDA) vizsgáltuk a CANOCO 4.5 programcsomag alkalmazásával. A tényezők fajösszetételre kifejtett hatásának jelentőségét Monte-Carlo permutációs teszttel ellenőriztük. A magyarázó változók csoportjainak fajösszetételre kifejtett relatív hatását Borcard *et al.* (2011) és Peres-Neto *et al.* (2006) nyomán variancia-partícionálással vizsgáltuk meg, amelyhez az R szoftver vegan csomagjának varpart függvényét használtuk. Az egyes fajok előfordulása és a gazdálkodási típusok közötti asszociálódást JUICE 6.5 programban (Tichy, 2002) a Fisher-féle egzakt próba felhasználásával teszteltük $\alpha = 0,01$ szignifikanciaszinttel. A természetvédelmi szempontból

fontos kategóriák (vörös listás, rovarmegporzású és „madáreleség” fajok) és a gazdálkodási típusok közötti kapcsolatokat logisztikus regresszióval teszteltük a STATISTICA 8 program (www.statsoft.com) alkalmazásával.

2.2.2. A nyárutói gyomvegetáció, napraforgó-, mák-, szója-, olajtök- és rizsvetések adatainak feldolgozása

A nyárutói gyomvegetáció vizsgálata során az alkalmazott herbicideket, magas számuk miatt (53 különféle aktív hatóanyag) nem vontuk be a statisztikai analízisbe. A külön-külön vizsgált kultúrák esetében azonban a herbicidek általában folytonos változókként kerültek az elemzésekbe, a kijuttatott aktív hatóanyaguk mennyiségének figyelembevételével.

Azért, hogy csökkentsük a kategóriák számát, és mérsékeljük a ritka tényezők gyengítő hatását, előzetes változófinomításokat és -összevonásokat végeztünk. Így például az előveteményeknél szükség esetén a kalászosokat és a kapásokat egy-egy önálló csoportba soroltuk; az ötnél kevesebb alkalommal előforduló előveteményeket pedig a „vegyes” kategóriába helyeztük. A vetésidőket általában vetésidőszakokká alakítottuk és bináris változóként (ősz vagy tavaszi) használtuk fel. Indokolt esetekben további változóösszevonásokat eszközöltünk, és egyéb folytonos változókat is nominális (kategorikus) változókká alakítottunk át.⁴

A felesleges prediktorok azonosítására két módszert is alkalmaztunk. (1) Elsőként kiszámítottuk az általánosított variancia infláció faktorokat (*GVIF*, Fox & Monette, 1992) és kihagytuk a kollinearitási problémát okozó, az interpretálás szempontjából kevésbé fontos tényezőket. Minden elemzésnél arra törekedtünk, hogy limitáljuk a modellben szereplő tényezők számát és optimalizáljuk a hasznos információtartalmukat. (2) Ebből a célból a megmaradt magyarázó változókat ($p < 0,05$ küszöbérték alkalmazásával az elsőfajú hibára) „*stepwise backward selection*” eljárásnak vetettük alá, hogy megkapjuk a minimálisan adekvát modelleket. (A 2-7. mellékletekben szemléltetett változók közül, csak azoknak a teljes és tiszta hatása kerül bemutatásra az Eredmények fejezet ide vonatkozó táblázataiban, amelyek bennmaradtak a csökkentett modellekben, tehát nem estek ki az itt leírt két módszer

⁴ A rizsvetéseknel a P- és K- műtrágyák dózisa jelentős mértékben korreláltak egymással, ezért egyetlen háromfokozatú („0”, közepes, magas) kategorikus változóvá egyesítettük őket. Szintén erős korreláció mutatkozott a penoxszulam, azimszulfuron és a N-műtrágyák között, ezért a két herbicid-hatóanyagot egyetlen háromszintű (penoxszulam, azimszulfuron, „egyik sem”) változóvá egyesítettük, a N-t pedig kihagytuk. Továbbá a pendimetalin hatóanyagot és a talajművelés mélységét bináris változókká alakítottuk, mivel ezeket majdnem mindig ugyanabban a dózisokban/ mélységekben alkalmazták.

alkalmazása során. Mivel a napraforgóvetések adatainak elemzésekor fontos cél volt a gyomszabályozási változók hatásának vizsgálata, abban az analízisben ezeket a változókat utólag hozzáadtuk a modellhez).

A táblák belsejében felvételezett mintaterületeken a gyomok borítási adatait táblánként átlagoltuk, amennyiben voltak szegélyfelvételek, azokat általában külön kezeltük.⁵ A borítási adatokat Hellinger-transzformáltuk, majd a háttértényezőkkel együtt redundancia analízissel (RDA) elemeztük. Legendre & Gallagher (2001) szerint ez az eljárás pontosabban összekapcsolja a fajadatokat és a magyarázó változókat, mint a kanonikus korrespondencia elemzés (CCA), még abban az esetben is, ha a fajok válaszgörbéi unimodálisak a környezeti változókra nézve (pl. a hosszú gradiensek miatt).

Lososová *et al.* (2004) módszerét követve kiszámoltuk minden tényező teljes és tiszta hatását a fajösszetételre. Egy tényező teljes („gross”) hatását úgy definiáltuk, mint annak az RDA-nak a magyarázott varianciáját, amelynek a vizsgált tényező az egyetlen prediktora („egyváltozós” RDA). Ugyanakkor a tiszta („net”) hatást olyan parciális RDA (pRDA) modell által magyarázott varianciaként határoztuk meg, ahol a kérdéses prediktor még mindig az egyetlen magyarázó változó, de a csökkentett modell összes többi változóját kondicionáló változókként („covariables”) használjuk. Ezzel tulajdonképpen az aktuális RDA előtt eltávolítjuk az összes többi magyarázó változó hatását, hogy a vizsgált egyetlen prediktor hatására koncentrálhassunk. A tiszta hatások esetében megállapítottuk a modellek szignifikanciaszintjét az elsőfajú hiba valószínűségének permutációs tesztekkel történő kiszámításával. Mivel az RDA tengelyek száma a prediktorok szabadsági fokától függ, a prediktorok legtöbbszörének egyetlen kötött tengelye volt a parciális RDA elemzésekben, több kötött tengely esetén (a kategóriák száma mínusz 1) mindegyik tengelyt külön teszteltük (Leps & Smilauer, 2003).

A pRDA modellekben a magyarázó változók fontossági sorrendjét a tiszta hatásoknál kapott R_{adj}^2 -értékek alapján határoztuk meg.⁶ A csökkentett modellek RDA ordinációs diagramjain a folytonos változók koordinátáit a tengelyekkel való lineáris korrelációikból számoltuk ki, míg a nominális változók állapotait az előfordulási koordinátáik súlyozott átlagolásával helyeztük el az ordinációs térben.

⁵ A mákvetések esetében nem értékeltük külön a szegélyt és a táblabelsőt; a napraforgóvetések elemzésébe pedig csak a táblabelső felvételeket vontuk be.

⁶ A napraforgóvetések kivételével, ahol a tiszta hatás (%) értékek alapján állapítottuk meg a sorrendet.

A nyárutói gyomvegetáció, napraforgó-, szója- és olajtökvetések adatainak esetében, a parciális RDA elemzések alapján, Borcard *et al.* (2011) és Peres-Neto *et al.* (2006) nyomán variancia-partícionálásokat is végeztünk, hogy megállapítsuk a magyarázó változók csoportjainak fajösszetételre gyakorolt, egymáshoz viszonyított jelentőségét.

Azért, hogy demonstráljuk a gyomfajok válaszait az egyes szignifikáns változókra, minden esetben azonosítottuk azt a (legalább 10, vagy 5 szántón előforduló) 10 fajt, melyek a legmagasabb magyarázó varianciát (legjobb illeszkedést) fejezték ki a kötött tengelyekre a parciális RDA vizsgálatokban (az adott változóval „erősen” asszociálódó fajok).

A rizs borítása (függő változó) és a fajta (független változó) közötti kapcsolatot egyirányú ANOVA és Tukey-féle post hoc-tesztekkel tanulmányoztuk. Az ANOVA feltételeit grafikusán ellenőriztük és nem volt szükség adattranzformációra.

A statisztikai elemzéseket az R programban (R Development Core Team) hajtottuk végre a *vegan* programcsomag felhasználásával (Oksanen *et al.*, 2011).

2.2.3. A parlagfű előfordulását és tömegességét befolyásoló tényezők adatainak feldolgozása

A parlagfű borítási értékeit a szántók szegélyében és a szántók belsejében páros Wilcoxon-próba alkalmazásával hasonlítottuk össze. Ezt követően a vizsgált abiotikus és gazdálkodási tényezőket magyarázó változókként használtuk statisztikai modellek sorozatában. Válaszváltozóként a parlagfű (a) nyers borítási adatait; (b) három egyszerűsített borítási kategóriáját: 0 (0), alacsony (< 10%), magas (> 10%); és a (c) jelenlét/hiány státuszokat használtuk. A szántók szegélyét és belsejét külön-külön elemeztük, de az ugyanazon szántóról származó három táblabelső adatot átlagoltuk az elemzést megelőzően. Feltételeztük, hogy a különböző válaszváltozók más-más környezeti és gazdálkodási faktorokkal vannak kapcsolatban, és az elemzésük várhatóan a parlagfű környezeti és gazdálkodási tényezőktől való függőségének sokféle aspektusát fogja megvilágítani.

A prediktorok és a válaszváltozók közötti kapcsolatok kimutatásához döntési fa modelleket alkalmaztunk, melyek a mintákat lépcsőről-lépésre mindig a legbefolyásosabb prediktor változó alapján választják szét. Ezek a modellek többek között nem-lineáris kapcsolatokat, különböző típusú (pl. folytonos és kategorikus) prediktorokat tartalmazó, nagy adatsorokat is kezelni tudnak, valamint könnyen interpretálhatók, és alapvetően mentesek a multikollinearitás okozta problémáktól (Breiman *et al.*, 1984; Crawley, 2007). A modellek

elkészítéséhez a Hothorn *et al.* (2006) által kidolgozott feltételes következtetésen („*conditional inference*”) alapuló „*ctree*” eljárást alkalmaztuk, amely a klasszifikációs és regressziós fák („*classification and regression trees*”, *CART*, vagy döntési fák, „*decision trees*”) egyik legfejlettebb képviselője. A *ctree* eljárás előnyei a hagyományosabb *CART* eljárásokkal szemben a következők: (1) minden lépésben permutációs teszt segítségével választja ki a statisztikailag legmegfelelőbb döntési változót (ezért a hiányzó értékek jelenléte és a változók eltérő eloszlása nem torzítja a változóválasztást); (2) statisztikailag jól megalapozott megállási szabályt („*stopping rule*”) is tartalmaz, így nincs szükség a kapott fa-modellek mesterkélts és sok szempontból önkényes döntéseket is behozó utólagos „nyírására”. Az analízist a R 2.9.2 program (R Development Core Team) segítségével végeztük el a „*party*” programcsomag (Hothorn *et al.*, 2006) felhasználásával.

2.2.4. A „ritka gyomnövény jellegszindrómák” témaköréhez kapcsolódó adatfeldolgozás

Elsőként megvizsgáltuk a teljes gyomborítást és a ritka fajok borításának részesedését külön a kalászos vetésekben és a tarlókon. A kalászos vetések esetében egytényezős ANOVA felhasználásával összehasonlítottuk a teljes gyomborítást és a ritka fajok borításának részesedését az extenzív és az egyesített intenzív rendszerek között. A tarlók esetében kevert modellek alkalmazásával azt tanulmányoztuk, hogy a teljes gyomborítást és a ritka fajok borításának részesedését hogyan befolyásolják egyes gazdálkodási és hely-kontextus tényezők: a vetésidő, a művelési mélység, a nitrogénműtrágyák és az aktív herbicid-hatóanyagok teljes mennyisége, valamint a szegélytől való távolság. (Az utóbbi három változót gyök-transzformáltuk). A normál eloszlás érdekében a kalászosoknál a teljes gyomborítást logaritmus-transzformáltuk, míg a ritka fajok részesedését a kalászosoknál és tarlóknál egyaránt arkuszszinusz-gyök-transzformáltuk, és a szignifikanciaszintet permutációs tesztekkel (a randomizációs ciklusok száma 999 volt) ellenőriztük.

Ezt követően a gyomok válaszát a gazdálkodási változókra olyan funkciós jelleg-elemzésekkel jellemeztük, melyek jellegkonvergencia és jellegdivergencia társulási mintázatokon alapulnak, Pillar *et al.* (2009) módszerének alkalmazásával. Ez az eljárás a kvadrátok közötti varianciát leíró többváltozós távolságmátrixok Mantel-korrelációján alapul. A távolságok (1) az egyes kvadrátokban talált fajok jellegeinek átlagértékén, (2) az egyes kvadrátok bizonyos funkciós típusainak abundanciáján és (3) az egyes kvadrátokkal asszociálódó specifikált környezeti (esetünkben gazdálkodási) változók értékein alapulnak. A jellegkonvergenciát a (1) jelleg-átlag távolságmátrixok és a (3) környezeti távolságmátrixok

közötti mátrixkorreláció felhasználásával lehet meghatározni. Ezek kvantitatív jellegek esetén képesek feltárni a lokális (szántó-léptékű) átlag jellegértékek és bizonyos környezeti változók kapcsolatát. Ezzel szemben a jellegdivergencia az átlagok helyett a funkcionális jellegek (kvalitatívak és kvantitatívak egyaránt) lokális közösségen belüli változatosságát írja le. A jellegdivergencia azonosításához a funkcionális jellegek alapján képzett fajcsoportok abundanciámátrixából képzett távolságmátrixra van szükség. Ennek a parciális korrelációja a környezeti távolságmátrixszal (a jellegátlagok távolságmátrixával való korreláció „kivonása” után) mutatja a divergencia mértékét. A módszer lehetőséget nyújt a legerősebb konvergenciát és divergenciát mutató jellegkombinációk kiválasztására, amelyek alapján numerikus osztályozás segítségével elkülöníthetők a konvergenciát és divergenciát legjobban leíró funkcionális fajcsoportok. Ebben a vizsgálatban a funkcionális fajcsoportok lehatárolása Gunton et al. (2011) által javasolt iteratív módszerrel történt, amely agglomeratív úton, a jellegek minden lehetséges kombinációját kipróbálva, 3 és 8 közötti számú csoportokra osztja a fajokat.

A statisztikai elemzéseket az R programban (R Development Core Team, version 2.11.1) hajtottuk végre, az „lme4” (<http://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html>) programcsomag, valamint a R. Gunton (Gunton *et al.*, 2011) által írt programcsomagok felhasználásával.

3. Eredmények

3.1. Extenzív és intenzív kalászos vetések gyomnövényzetének összehasonlítása

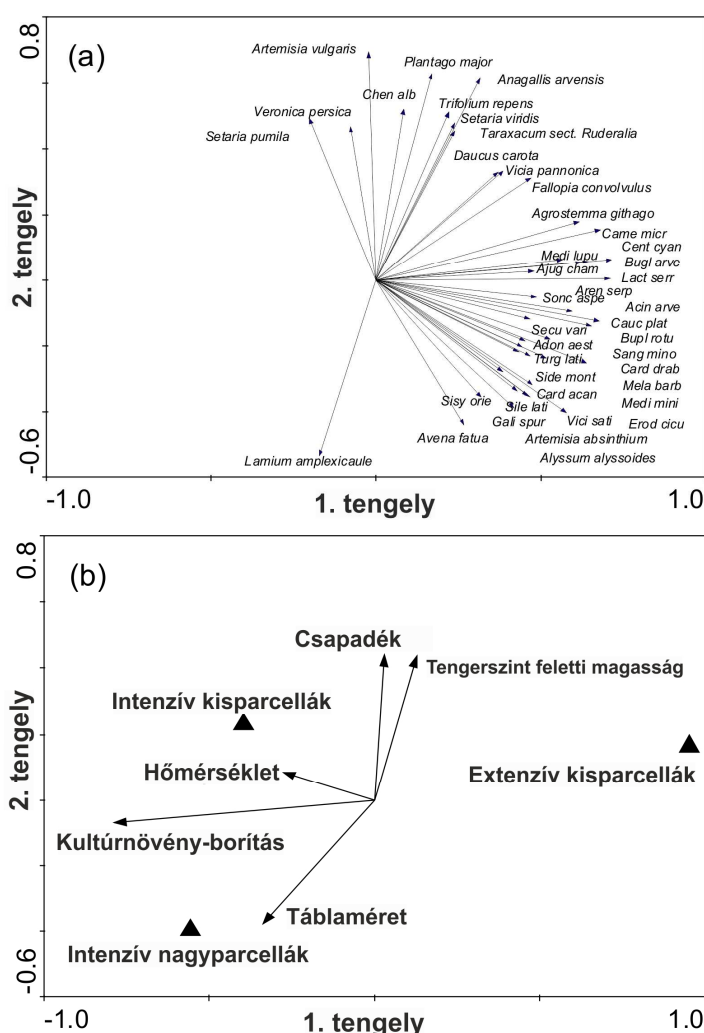
A gyomnövényzet fajösszetételét a szántó típusa, a kultúrnövény borítása, a klimatikus változók és a tengerszint feletti magasság közösen határozták meg. A talaj pH kivételével (amely meglehetősen egységes volt a vizsgált területeken) minden változónak szignifikáns hatása volt a fajösszetételre, abban az esetben, ha külön teszteltük azokat (1. táblázat). A szántó típusa (különösen az extenzív és a kétféle intenzív szántó típusok közti különbségek) bizonyult a legfontosabb változónak, amit rangsorban a kultúrnövény borítása követett. A fajok elhelyezkedése az első PCA tengely mentén (8a. és 8b. ábrák) azt jelzik, hogy egyetlen faj sem tolerálta a magas kultúrnövény-borítást az intenzíven művelt területeken. A szántók típusai és a kultúrnövény borítása a PCA ordináció első tengelyével asszociálódtak, míg a csapadék és a tengerszint feletti magasság a második tengellyel (8b. ábra). A variancia-partícionálás feltárta, hogy a fajösszetételben a legnagyobb varianciát a szántó típusa és a tábla mérete okozta (7,8%), de jelentős hányadban (5,1%) osztozott a kultúrnövény borításával, amely arra utal, hogy az extenzíven művelt kisparcellákon kisebb volt a kultúrnövényzet térfoglalása (9. ábra).

A klimatikus tényezők (beleértve a hőmérsékletet, a csapadékot és a tengerszint feletti magasságot) a szántó típusától, a táblamérettől és a kultúrnövény borításától függetlenül hatottak a fajösszetételre, ezek nettó hozzájárulása a magyarázott varianciához 5,6% volt. A talaj pH-t nem vontuk bele a variancia-partícionálásba, mivel nem befolyásolta szignifikáns mértékben a fajösszetételt (1. táblázat).

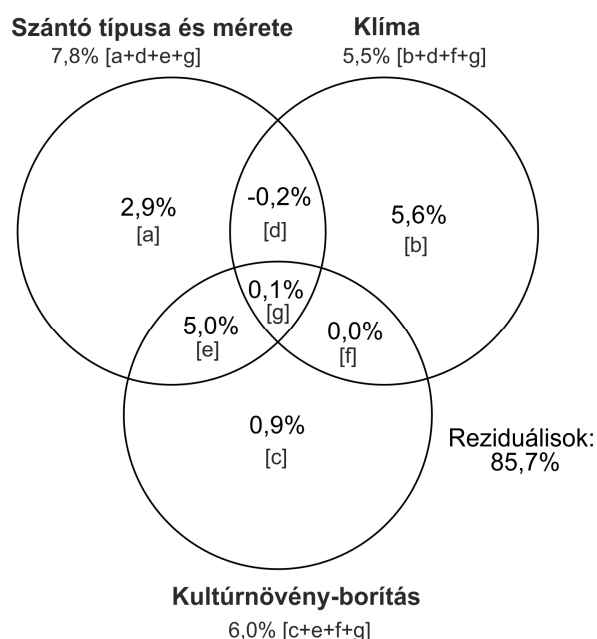
Összesen 179 fajt találtunk az extenzíven művelt kisparcellákon, az intenzív kis- és nagyparcellákon pedig 131, illetve 124 volt a fajok száma. Egyetlen faj sem társult a kétféle intenzív termesztési móddal, ugyanakkor 19 faj pozitívan asszociálódott az extenzíven művelt kisparcellákkal, köztük három vörös listás fajjal (*Agrostemma githago*, *Bupleurum rotundifolium* és *Galium tricornutum*) (2. táblázat). További nyolc vörös listás faj (*Adonis flammea*, *Aegilops cylindrica*, *Androsace maxima*, *Bifora radians*, *Conringia orientalis*, *Melampyrum arvense*, *Turgenia latifolia* és *Vaccaria hispanica*) ritka előfordulását regisztráltuk, kizárólag az extenzív kisparcellákon. A logisztikus regresszió alátámasztotta, hogy a vörös listás és rovarmegporzású fajok szignifikánsan gyakrabban fordultak elő az extenzíven művelt szántókon (3. táblázat).

1. táblázat. A különböző változók által magyarázott relatív variancia a kalászos vetések fajösszetételében, és hatásuk szignifikanciája.

Változók (min.-max. értékek)	Magyarázott variancia (%)	F	p-érték
Szántó típusa	11,0	3,535	< 0,001
Extenzív kisparcella	8,5	5,389	< 0,001
Intenzív kisparcella	3,2	1,891	0,002
Intenzív nagyparcella	4,9	2,984	< 0,001
Táblaméret (0,06-200 ha)	3,6	2,161	0,001
Kultúrnövény-borítás (15-100%)	7,6	4,760	< 0,001
Tengerszint feletti magasság (110-335 m)	3,4	2,042	< 0,001
Évi átlaghőmérséklet (9,5-10 °C)	3,2	1,942	0,001
Évi csapadékösszeg átlaga (590-700 mm)	3,4	2,065	< 0,001
pH/H ₂ O (7,06-7,58)	1,0	0,600	0,906
pH/KCl (6,87-7,48)	1,7	0,982	0,447



8. ábra. A gyomfaj-összetétel főkomponens elemzésének (PCA) ordinációs ábrái: (a) fajok, (b) utólag illesztett magyarázó változók. Sajátértékek: első tengely – 0,115, második tengely – 0,073. Csak a legjobban illeszkedő fajok vannak feltüntetve. Rövidítések: *Gali spur* – *Galium spurium*, *Medi mini* – *Medicago minima*, *Sang mino* – *Sanguisorba minor*, *Secu vari* – *Securigera varia*, *Side mont* – *Sideritis montana*, *Sisy orie* – *Sisymbrium orientale*, *Turg lati* – *Turgenia latifolia*; a további fajnevek a 2. táblázatból kiolvashatók.



9. ábra. A magyarázó változók három csoportjának variancia-partícionálással megállapított százalékos hozzájárulása a kalászos vetések gyomfaj-összetételének varianciájához.

3. táblázat. A kiválasztott fajcsoportok előfordulásának logisztikus regressziós paraméterei azon az RDA tengelyen, amely az extenzív kisparcellákkal való faj-asszociálódást reprezentálja. A pozitív és szignifikáns paraméterértékek az adott csoport fajainak gyakoribb előfordulását jelzik az extenzíven művelt kisparcellákon.

	Paraméter becslés	SE	Wald statisztika	<i>p</i> -érték
Vörös listás fajok	3,643	1,503	5,874	0,015
Rovarmegporzású fajok	3,603	0,969	13,831	< 0,001
Madáreleség fajok	1,312	0,808	2,640	0,104

3.2. A nyárutói gyomvegetáció fajösszetételét befolyásoló tényezők

Összesen 218 gyomfajt regisztráltunk, a kukoricában 156, a napraforgóban 134, míg a tarlókon 193 volt a fajok száma. A 24 magyarázó változót tartalmazó csökkentett RDA modell az összvariancia 25,3%-át magyarázta. Az RDA és pRDA modellek szerint a mintavételi hely lett a legfontosabb változó, melyet a hőmérséklet, kultúrnövény típusa, csapadék, talajkötöttség, szomszédos élőhely, tengerszint feletti magasság, valamint a talaj kémhatása, nátrium- és káliumtartalma követett (4. táblázat).

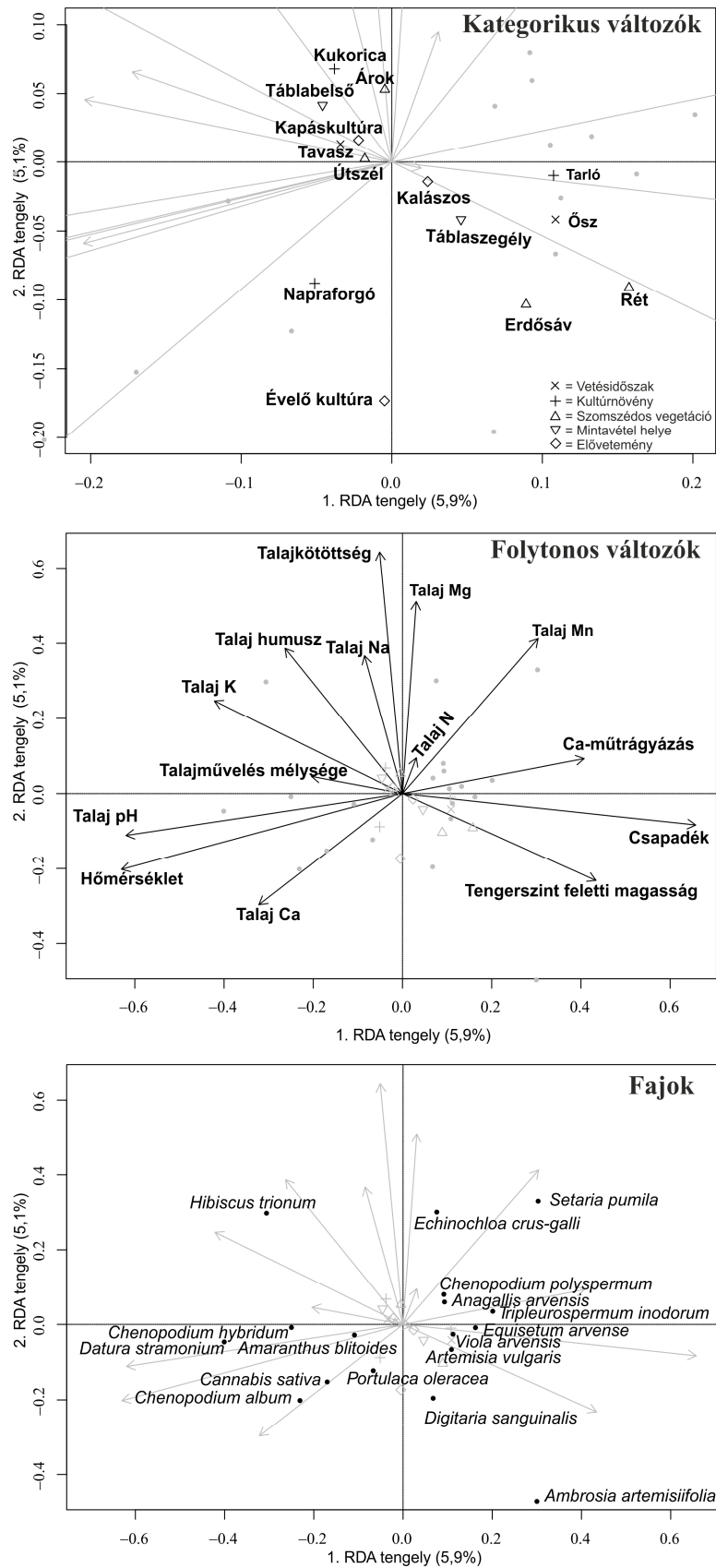
Az alábbi változók hatása szintén szignifikánsnak bizonyult: táblaméret; a talaj magnézium-, foszfor-, humusz-, mangán-, kalcium- és nitrogéntartalma; vetésidőszak, elővetemény; kálium-, foszfor-, nitrogén- és kalcium-műtrágyázás; valamint a talajművelés mélysége (4. táblázat).

4. táblázat. A magyarázó változók (pRDA analízissel azonosított) teljes és tiszta hatása a nyárutói gyomvegetáció fajösszetételére.

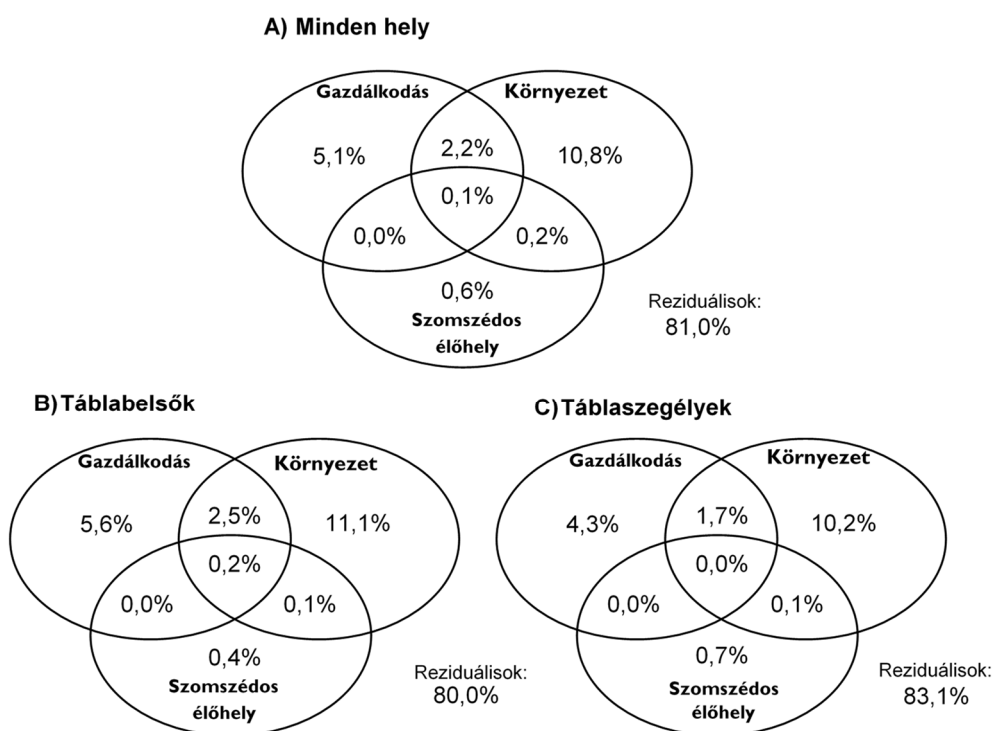
Változók	df	Teljes hatás		Tiszta hatás			
		Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	F	p-érték
Mintavétel helye	1	1,806	0,01603	1,806	0,01739	11,0515	0,001
Hőmérséklet	1	3,091	0,02891	1,256	0,01157	7,6878	0,001
Kultúrnövény típusa	2	3,953	0,03555	1,406	0,01140	4,3020	0,001
Csapadék	1	3,314	0,03114	1,134	0,01028	6,9418	0,001
Talajkötöttség	1	2,511	0,02309	0,880	0,00759	5,3892	0,001
Szomszédos élőhely	3	1,504	0,00891	1,103	0,00646	2,2502	0,001
Tszfm.	1	2,151	0,01949	0,747	0,00618	4,5694	0,001
Talaj pH	1	2,861	0,02660	0,707	0,00575	4,3262	0,001
Talaj Na-tartalom	1	1,254	0,01050	0,661	0,00527	4,0446	0,001
Talaj K-tartalom	1	1,983	0,01781	0,588	0,00450	3,5998	0,001
Táblaméret	1	0,997	0,00792	0,557	0,00416	3,4070	0,001
Talaj Mg-tartalom	1	1,785	0,01582	0,527	0,00385	3,2272	0,001
Talaj P-tartalom	1	1,005	0,00800	0,488	0,00343	2,9853	0,001
Talaj humusztartalma	1	1,820	0,01617	0,482	0,00337	2,9505	0,001
Talaj Mn-tartalom	1	1,670	0,01467	0,476	0,00331	2,9141	0,001
Vetésidőszak	1	2,483	0,02282	0,451	0,00304	2,7593	0,001
Elővetemény	3	0,712	0,00301	0,584	0,00272	1,7880	0,001
Talaj Ca-tartalom	1	1,510	0,01307	0,394	0,00245	2,4146	0,001
Talaj N-tartalom	1	0,277	0,00071	0,353	0,00201	2,1605	0,002
K-műtrágyázás	1	0,950	0,00745	0,318	0,00164	1,9491	0,005
P-műtrágyázás	1	0,689	0,00484	0,305	0,00150	1,8688	0,002
Talajművelés mélysége	1	1,084	0,00880	0,303	0,00148	1,8572	0,008
N-műtrágyázás	1	0,637	0,00431	0,292	0,00136	1,7886	0,002
Ca-műtrágyázás	1	1,506	0,01302	0,273	0,00116	1,6713	0,019

A csökkentett RDA modell ordinációs diagramjain (10. ábra) a második tengely leginkább az alábbi változókkal van összefüggésben: talajkötöttség, valamint a talaj Mg- és Na-tartalma. Ugyanakkor az első tengely erősen korrelál a csapadékkal, a hőmérséklettel és a talaj kémhatásával. Ezeknek megfelelően, a hűvösebb és csapadékosabb nyugati országrészből származó minták, – melyeket általában savanyú talajokról gyűjtöttünk, és az egyik legjellemzőbb fajuk a *Setaria pumila* volt, – általánosságban magas értékkel rendelkeznek az első RDA tengely mentén. Másrésről, a melegebb és szárazabb keleti régiók bázikusabb talajú vetései – a *Datura stramonium* gyakori előfordulásával – az első tengely alacsony értékeivel jellemezhetők. A második tengely pozitív iránya a tápanyagban gazdag, kötöttebb talajokkal korrelál, melyeken tipikus faj a *Hibiscus trionum*; míg negatív iránya a tápanyagban szegény, laza homoktalajokra vonatkozik, melyeken általánosan elterjedt az *Ambrosia artemisiifolia*. A diagram a kultúrnövény típusait (tarló és a két kapáskultúra) is elkülöníti az első két tengely mentén. Az őszi és tavaszi vetésű kultúrák szintén különválnak az első tengely mentén, míg a kukorica és a napraforgó a második tengely mentén különíthetők egymástól.

Az RDA modell variancia-particionálása feltárta, hogy az abiotikus környezeti tényezők kétszer nagyobb varianciarányt magyaráztak, mint a gazdálkodási változók (11. ábra). A szomszédos élőhely a varianciának csak csekély hányadát magyarázta, de valamivel többet a szegélyek esetében, mint a táblabelsőknél. A gazdálkodási változók viszonylagos hatása nagyobb volt a táblabelsőknél, mint a szegélyekben. A magyarázó változók egyes csoportjaival legjobban asszociáló fajok az 5. táblázatban találhatók.



10. ábra. A nyárutói gyomvegetáció összetételét befolyásoló folytonos és kategórikus magyarázóváltozókat, valamint a fajokat tartalmazó csökkentett RDA modell ordinációs diagramjai. Csak az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő fajok kerültek bemutatásra.



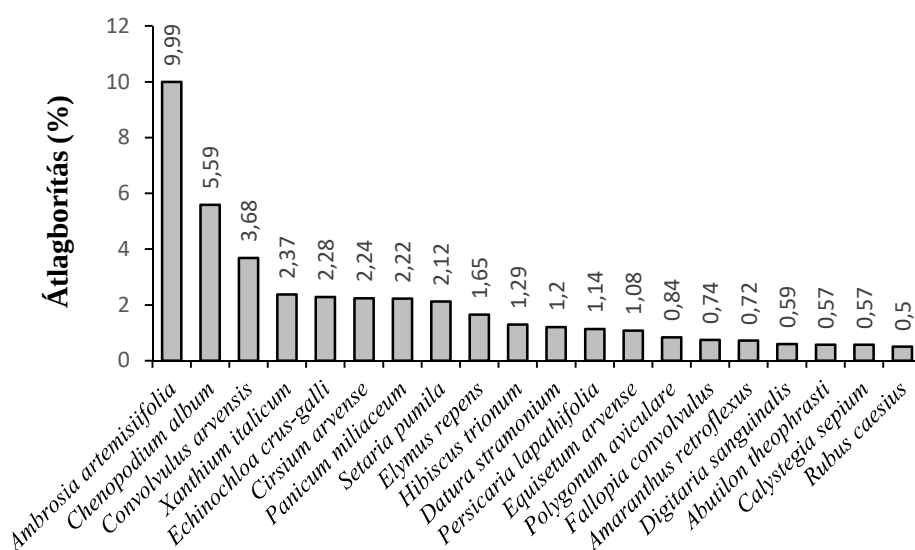
11. ábra. A parciális RDA elemzés alapján a nyárutói gyomvegetáció gyomfaj-összetételében rejlő összes variancia felosztása tisztán gazdálkodási, környezeti és szomszédos élőhely változók, illetve azok által közösen magyarázott százalékos varianciahányadra. A: minden helyen; B: táblabelsőkben; C: táblaszegélyekben.

5. táblázat. A magyarázó változók tanulmányozott csoportjaival legjobban asszociálódó gyomfajok a nyárutói gyomvegetációban.

Gazdálkodási változók	Illeszkedés	Környezeti változók	Illeszkedés	Mintavételi hely	Illeszkedés	Szomszédos élőhely	Illeszkedés
<i>Anagallis arvensis</i>	0,270	<i>Phragmites australis</i>	0,392	<i>Sonchus arvensis</i>	0,092	<i>Eryngium campestre</i>	0,150
<i>Viola arvensis</i>	0,253	<i>Anagallis arvensis</i>	0,386	<i>Solanum nigrum</i>	0,054	<i>Securigaria varia</i>	0,143
<i>Consolida regalis</i>	0,201	<i>Plantago major</i>	0,357	<i>Arctium tomentosum</i>	0,053	<i>Artemisia vulgaris</i>	0,121
<i>Polygonum aviculare</i>	0,193	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,304	<i>Oxalis stricta</i>	0,048	<i>Lolium perenne</i>	0,116
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	0,178	<i>Hibiscus trionum</i>	0,230	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,044	<i>Plantago lanceolata</i>	0,111
<i>Fallopia convolvulus</i>	0,176	<i>Amaranthus blitoides</i>	0,221	<i>Sinapis arvensis</i>	0,040	<i>Polygonum aviculare</i>	0,110
<i>Datura stramonium</i>	0,172	<i>Lamium purpureum</i>	0,213	<i>Phragmites australis</i>	0,035	<i>Trifolium pratense</i>	0,094
<i>Setaria pumila</i>	0,172	<i>Convolvulus arvensis</i>	0,212	<i>Anagallis arvensis</i>	0,032	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	0,078
<i>Stellaria media</i>	0,162	<i>Taraxacum officinale</i>	0,212	<i>Eragrostis minor</i>	0,030	<i>Glechoma hederacea</i>	0,077
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,141	<i>Eragrostis minor</i>	0,194	<i>Equisetum arvense</i>	0,029	<i>Silene alba</i>	0,074

3.3. A napraforgóvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők

A vizsgált napraforgóvetésekben az *Ambrosia artemisiifolia* lett a legnagyobb térfoglalású faj (12. ábra). A teljes RDA modell az összvariancia 69%-át magyarázta, míg a 14 magyarázó változót tartalmazó csökkentett modell a fajabundancia mátrix teljes varianciájának 37,8%-áért volt felelős. Az RDA és pRDA modellek szerint a talaj magnézium- és kalciumtartalma, az elővetemény, a hőmérséklet és a táblaméret lettek a legfontosabb változók (6. táblázat). Ugyan a csapadék és a szervesstrágyázás bennmaradtak a modellben a változószelekció során, mégsem magyaráztak szignifikáns mértékű varianciát, csakúgy, mint a herbicidek és a mechanikai gyomirtás. A legjobban illeszkedő fajok válaszait a 7. és 8. táblázatok mutatják.



12. ábra. A vizsgált napraforgóvetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási rangsora.

A csökkentett RDA modell ordinációs diagramjain (13. ábra) az első tengely leginkább a talaj kalciumtartalmával és az imazamox herbicid mennyiségével van kapcsolatban, míg a második tengely erősen korrelál a hőmérséklettel, a táblamérettel és a talaj magnéziumtartalmával. Az első tengely a kalciumban gazdag talajú és az *Ambrosia artemisiifolia*-val erősen fertőzött, imazamox herbiciddel kezelt táblákat különválasztja azoktól a szántóktól, amelyeken tömeges az *Echinochloa crus-galli* és *Xanthium italicum*. A második tengely a melegebb fekvésű, nagyobb méretű és kukorica-előveteménnyel rendelkező, továbbá *Chenopodium album*-al fertőzött táblákat elkülöníti a hűvösebb régiók, magnéziumban gazdag talajú, kisebb méretű parcelláitól, melyeket általában S-metolaklór vagy fluorkloridon hatóanyaggal permeteztek, és jelentősebb gyomnövényük a *Setaria pumila*.

6. táblázat. A magyarázó változók (pRDA analízissel azonosított) teljes és tiszta hatása a napraforgóvetések gyomnövényzetének fajösszetételére. NS = nem szignifikáns.

Változók	Teljes hatás (%)	Tiszta hatás (%)	p-érték
Talaj Mg-tartalom	3,69	3,51	0,01
Talaj Ca-tartalom	4,12	2,97	0,005
Elővetemény	3,12	1,93	0,024
Hőmérséklet	3,17	1,87	0,03
Táblaméret	3,21	1,58	0,044
Propizoklór	2,68	1,37	NS
Csapadék	3,08	1,08	NS
Szerves trágya	2,59	0,97	NS
Oxiflourfen	2,53	0,46	NS
Fluorkloridon	2,57	0,43	NS
Imazamox	3,32	0,39	NS
Pendimetalin + Dimetenamid	2,59	0,05	NS
S-metolaklór	1,85	0	NS
Mechanikai gyomirtás	2,25	0	NS

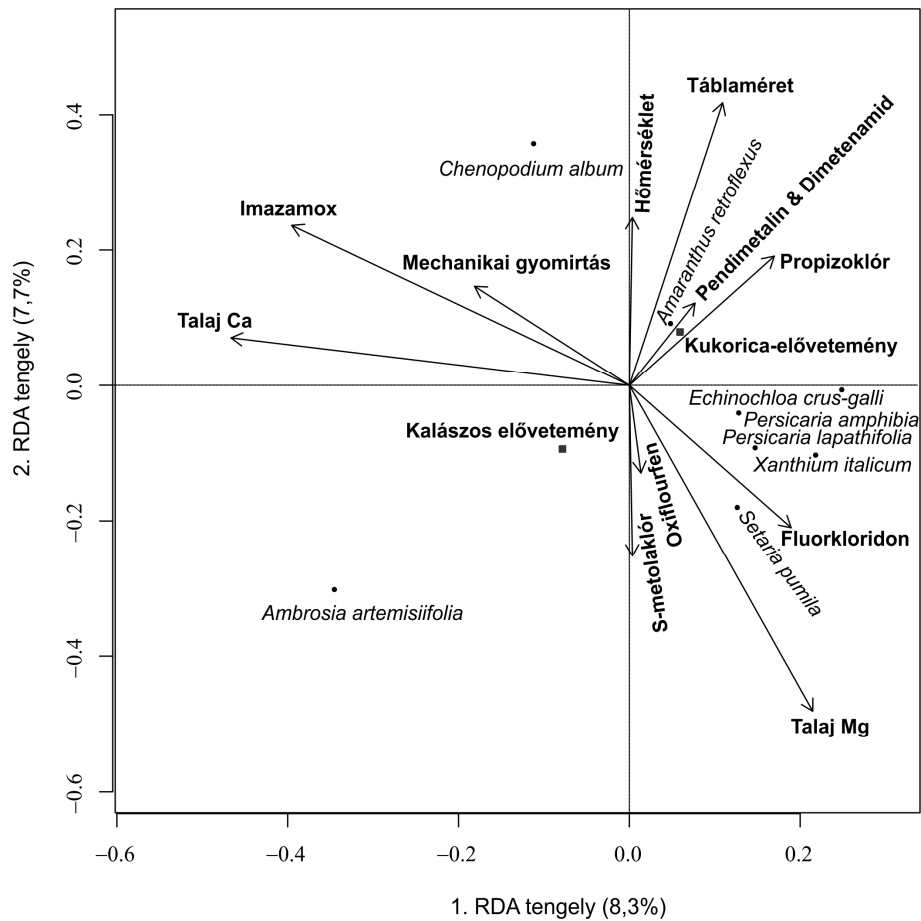
7. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben a 6. táblázatban specifikált szignifikáns hatású környezeti és agrotechnikai, valamint a mechanikai gyomszabályozási változók esetében a napraforgóvetésekben.

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Talaj Mg-tartalom (+ magas; – alacsony)			Talaj Ca-tartalom (+ alacsony; – magas)		
<i>Xanthium italicum</i>	0,121	0,072	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,180	0,159
<i>Xanthium strumarium</i>	0,118	0,247	<i>Xanthium italicum</i>	0,134	0,087
<i>Rubus caesius</i>	0,095	0,171	<i>Setaria pumila</i>	0,129	0,087
<i>Lathyrus tuberosus</i>	0,058	0,181	<i>Solanum nigrum</i>	0,084	0,060
<i>Medicago lupulina</i>	-0,031	0,051	<i>Persicaria amphibia</i>	0,070	0,056
<i>Setaria viridis</i>	-0,072	0,073	<i>Polygonum aviculare</i>	0,055	0,071
<i>Fallopia convolvulus</i>	-0,083	0,06	<i>Euphorbia helioscopia</i>	-0,047	0,162
<i>Portulaca oleracea</i>	-0,095	0,098	<i>Reseda lutea</i>	-0,092	0,206
<i>Digitaria sanguinalis</i>	-0,127	0,127	<i>Convolvulus arvensis</i>	-0,119	0,082
<i>Chenopodium album</i>	-0,237	0,188	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,198	0,078
Hőmérséklet (+ magas; – alacsony)			Elővetemény (+ kukorica; – kalászos)		
<i>Datura stramonium</i>	0,125	0,065	<i>Solanum nigrum</i>	0,141	0,170
<i>Xanthium italicum</i>	0,121	0,071	<i>Amaranthus powellii</i>	0,127	0,180
<i>Sorghum halepense</i>	0,068	0,056	<i>Chenopodium hybridum</i>	0,114	0,110
<i>Polygonum aviculare</i>	0,043	0,045	<i>Euphorbia helioscopia</i>	0,028	0,059
<i>Euphorbia helioscopia</i>	-0,026	0,050	<i>Brassica napus</i>	0,028	0,052
<i>Brassica napus</i>	-0,033	0,069	<i>Medicago lupulina</i>	-0,028	0,042
<i>Fallopia convolvulus</i>	-0,078	0,053	<i>Portulaca oleracea</i>	-0,069	0,052
<i>Solanum nigrum</i>	-0,111	0,104	<i>Elymus repens</i>	-0,076	0,043
<i>Digitaria sanguinalis</i>	-0,118	0,108	<i>Fallopia convolvulus</i>	-0,077	0,052
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,203	0,083	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,155	0,048
Táblaméret (+ magas; – alacsony)			Mechanikai gyomirtások száma (+ magas; – alacsony)		
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,111	0,06	<i>Solanum nigrum</i>	0,081	0,056
<i>Solanum nigrum</i>	0,096	0,079	<i>Equisetum arvense</i>	0,080	0,043
<i>Datura stramonium</i>	0,080	0,027	<i>Polygonum aviculare</i>	0,056	0,074
<i>Xanthium strumarium</i>	0,038	0,026	<i>Lathyrus tuberosus</i>	0,034	0,062
<i>Medicago lupulina</i>	-0,029	0,046	<i>Euphorbia helioscopia</i>	-0,021	0,033
<i>Portulaca oleracea</i>	-0,062	0,038	<i>Medicago lupulina</i>	-0,037	0,071
<i>Digitaria sanguinalis</i>	-0,063	0,031	<i>Reseda lutea</i>	-0,037	0,034
<i>Setaria viridis</i>	-0,068	0,066	<i>Rubus caesius</i>	-0,053	0,053
<i>Convolvulus arvensis</i>	-0,076	0,033	<i>Persicaria amphibia</i>	-0,061	0,043
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,246	0,127	<i>Panicum miliaceum</i>	-0,110	0,083

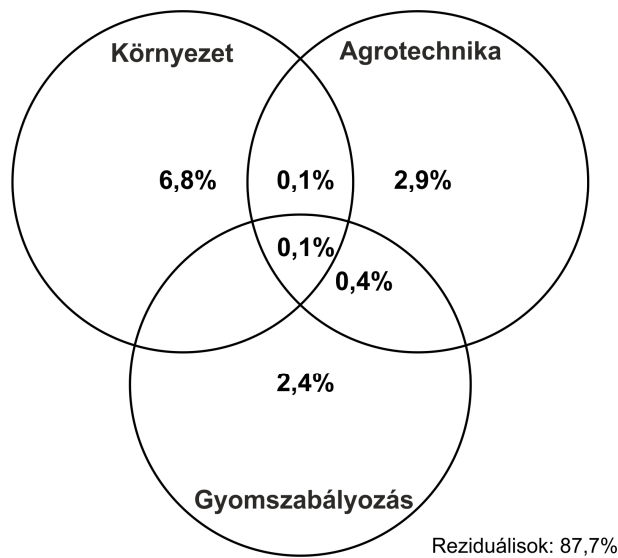
8. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben a 6. táblázatban specifikált herbicid változók esetében a napraforgóvetésekben.

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Fluorkloridon (+ magas; – alacsony)			Imazamox (+ alacsony; – magas)		
<i>Chenopodium album</i>	0,160	0,086	<i>Datura stramonium</i>	0,113	0,053
<i>Amaranthus powellii</i>	0,086	0,083	<i>Xanthium italicum</i>	0,106	0,055
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0,060	0,028	<i>Persicaria amphibia</i>	0,090	0,093
<i>Brassica napus</i>	-0,023	0,035	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,087	0,037
<i>Lathyrus tuberosus</i>	-0,024	0,032	<i>Hibiscus trionum</i>	0,078	0,032
<i>Xanthium strumarium</i>	-0,057	0,059	<i>Abutilon theophrasti</i>	0,045	0,018
<i>Setaria viridis</i>	-0,057	0,046	<i>Medicago lupulina</i>	0,021	0,023
<i>Panicum miliaceum</i>	-0,074	0,038	<i>Amaranthus blitoides</i>	-0,043	0,038
<i>Echinochloa crus-galli</i>	-0,076	0,028	<i>Amaranthus powellii</i>	-0,061	0,042
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,144	0,041	<i>Chenopodium album</i>	-0,132	0,058
Oxiflourfen (+ alacsony; – magas)			Propizoklór (+ alacsony; – magas)		
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,115	0,065	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,196	0,077
<i>Hibiscus trionum</i>	0,089	0,041	<i>Panicum miliaceum</i>	0,098	0,066
<i>Abutilon theophrasti</i>	0,081	0,060	<i>Digitaria sanguinalis</i>	0,073	0,041
<i>Persicaria amphibia</i>	0,074	0,063	<i>Brassica napus</i>	0,022	0,032
<i>Polygonum aviculare</i>	0,047	0,053	<i>Polygonum aviculare</i>	-0,032	0,025
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,045	0,029	<i>Sorghum halepense</i>	-0,052	0,033
<i>Rubus caesius</i>	-0,039	0,029	<i>Fallopia convolvulus</i>	-0,071	0,044
<i>Amaranthus powellii</i>	-0,052	0,030	<i>Elymus repens</i>	-0,083	0,052
<i>Cannabis sativa</i>	-0,081	0,032	<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,099	0,140
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,122	0,030	<i>Chenopodium album</i>	-0,176	0,104
S-metolaklór (+ alacsony; – magas)			Pendimetalin & dimetenamid (+ magas; – alacsony)		
<i>Hibiscus trionum</i>	0,085	0,038	<i>Cannabis sativa</i>	0,12	0,070
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,065	0,021	<i>Datura stramonium</i>	0,075	0,023
<i>Portulaca oleracea</i>	0,048	0,025	<i>Sorghum halepense</i>	0,055	0,037
<i>Medicago lupulina</i>	0,035	0,063	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,050	0,022
<i>Lathyrus tuberosus</i>	-0,025	0,035	<i>Persicaria amphibia</i>	0,047	0,025
<i>Stachys annua</i>	-0,035	0,023	<i>Xanthium strumarium</i>	0,035	0,022
<i>Sorghum halepense</i>	-0,067	0,055	<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,039	0,022
<i>Cirsium arvense</i>	-0,079	0,034	<i>Convolvulus arvensis</i>	-0,056	0,018
<i>Setaria viridis</i>	-0,092	0,119	<i>Equisetum arvense</i>	-0,075	0,037
<i>Cannabis sativa</i>	-0,112	0,062	<i>Panicum miliaceum</i>	-0,090	0,056

Az RDA modell variancia-partícionálása feltárta, hogy az abiotikus környezeti, agrotechnikai és gyomszabályozási változók meglehetősen élesen elkülönülő komponenseit magyarázzák a teljes varianciának, csupán az agrotechnikai és a gyomszabályozási tényezők osztoznak közös variancián (14. ábra). Az abiotikus környezeti változók kétszer több varianciát magyaráznak, mint az agrotechnikai változók, és 2,4-szer többet, mint a gyomszabályozási változók, továbbá 1,2-szer többet, mint a gazdálkodási (agrotechnikai + gyomszabályozási) változók együttesen (14. ábra).



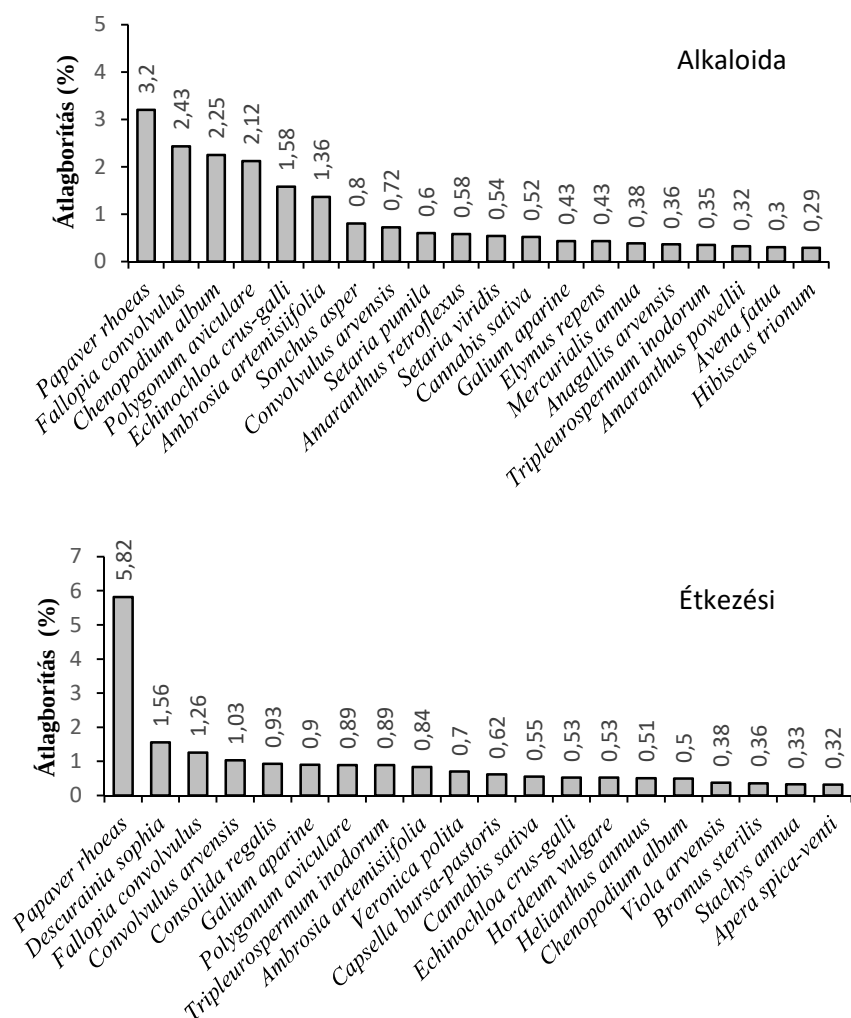
13. ábra. A napraforgóvetések adatainak elemzésekor feltárt 5 szignifikáns hatású változót, minden gyomszabályozási változót és a fajokat tartalmazó csökkentett RDA modell ordinációs diagramja. Csak az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő fajok kerültek bemutatásra.



14. ábra. A parciális RDA elemzés alapján a napraforgóvetések gyomfaj-összetételében rejlő összes variancia felosztása tisztán abiotikus környezeti, agrotechnikai és gyomszabályozási változók, illetve azok által közösen magyarázott százalékos varianciahányadra.

3.4. A mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők

Összesen 173 gyomnövényt regisztráltunk, a *Papaver rhoeas* volt a legnagyobb térfoglalású faj az alkaloida és az étkezési mákban egyaránt (15-16. ábrák). A teljes RDA modell 54,8%-át magyarázta a varianciának, míg a csökkentett modell (15 magyarázó változóval) 34,3%-át magyarázta a fajadatok teljes varianciájának. Az RDA és pRDA modellek alapján a legfontosabb változónak a vetésidőszak bizonyult, melyet rangsorrendben az elővetemény, a talajkötöttség, a talaj Mg-tartalma, a mezotrion herbicid alkalmazása, az átlaghőmérséklet, az izoxaflutol herbicid alkalmazása, a talaj Ca-tartalma, a N-műtrágya és a sortávolság követett (9. táblázat). Annak ellenére, hogy a szomszédos élőhely típusa, a K-műtrágya, az évi csapadékösszeg átlaga, a tengerszint feletti magasság és a mechanikai gyomirtás a változószelekciót követően a modellben maradtak, ezek nem voltak szignifikáns hatással a fajösszetételre. A legjobban illeszkedő fajok válaszai a 10. és 11. táblázatokban találhatóak.



15. ábra. A vizsgált mákvetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási rangsora.



16. ábra. *Papaver rhoeas* étkezési mákvetésben.

9. táblázat. A magyarázó változók (pRDA analízissel azonosított) teljes és tiszta hatása a mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételére (NS = nem szignifikáns).

Változók	d.f.	Teljes hatás		Tiszta hatás		F	p-érték
		Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}		
Vetésidőszak	1	6,556	0,05622	4,242	0,04226	5,2297	0,005
Elővetemény	4	4,631	0,00699	4,468	0,01453	1,377	0,01
Talajköttőség	1	1,842	0,00860	1,774	0,01186	2,1875	0,005
Talaj Mg-tartalom	1	3,105	0,02136	1,646	0,01028	2,0291	0,005
Mezotrion	1	2,289	0,01312	1,604	0,00977	1,978	0,005
Hőmérséklet	1	2,536	0,01561	1,553	0,00913	1,9141	0,005
Izoxaflutol	1	2,734	0,01761	1,343	0,00655	1,6553	0,016
Talaj Ca-tartalom	1	2,368	0,01391	1,334	0,00644	1,6451	0,013
N-műtrágyázás	1	2,166	0,01187	1,290	0,00590	1,5907	0,005
Sortávolság	1	4,024	0,03065	1,283	0,00581	1,5814	0,02
Szomszédos élőhely	3	3,627	0,00677	2,994	0,00674	1,2304	NS
K-műtrágyázás	1	1,294	0,00307	1,126	0,00388	1,3886	NS
Csapadék	1	4,761	0,03809	1,119	0,00379	1,3797	NS
Tszfm.	1	4,816	0,03864	0,0111	0,00369	1,3696	NS
Mechanikai gyomirtás	1	1,959	0,00979	1,013	0,00248	1,2485	NS

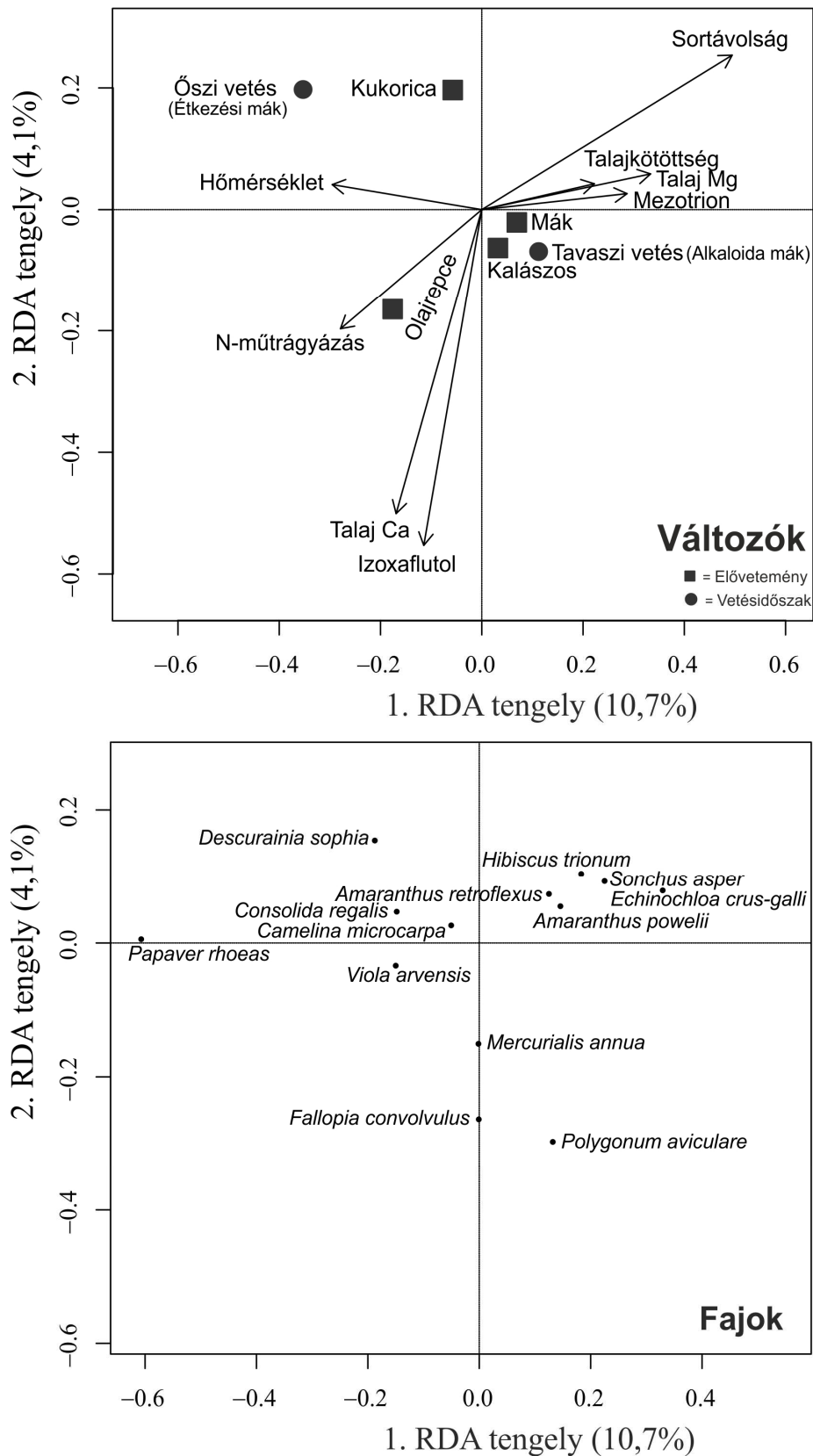
Az ordinációs diagram első tengelye a vetésidőszakkal és a sortávolsággal, a második tengely pedig a talaj kalciumtartalmával és az izoxaflutol herbicid-hatóanyaggal erősen, valamint az előveteménnyel kismértékben korrelál (17. ábra). Következésképpen, az őszi vetésű, keskenyebb sortávolságú étkezési mák felvételei, a *Papaver rhoeas*-al, mint karakterisztikus fajjal, az első RDA tengely mentén alacsony értékeket képviselnek. Ezzel szemben a tavaszi vetésű alkaloida mák felvételei az *Echinochloa crus-galli*-val, mint tipikus fajjal, magas értékeket mutatnak az első tengely mentén. A második tengely mentén a negatív értékek azokat a szántókat reprezentálják, melyeken olajrepcé volt az elővetemény, nagyobb adagú izoxaflutol kijuttatásban részesültek és a talajoknak magas a Ca-tartalma. Ezekre a vetésekre a *Polygonum aviculare* és a *Fallopia convolvulus* nagyobb térfoglalása jellemző. A második tengely pozitív értékei ezzel szemben a kukorica-előveteményre, az izoxaflutol alkalmazásának hiányára, és a *Descurainia sophia* nagyobb borítására vonatkoznak (17. ábra). Az elővetemény pRDA ordinációjában csak az első tengely volt szignifikáns, melynek mentén a kukorica elkülönült a kalászosoktól, a máktól és az olajrepcétől.

10. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 9. táblázatban specifikált szignifikáns hatású gazdálkodási változók esetében a mákvetésekben.

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Vetésidőszak (+ tavasz – ősz)			Elővetemény (+ gabona, mák, repce; – kukorica)		
<i>Chenopodium album</i>	0,235	0,138	<i>Polygonum aviculare</i>	0,179	0,115
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,178	0,109	<i>Chenopodium album</i>	0,157	0,070
<i>Polygonum aviculare</i>	0,148	0,056	<i>Lolium perenne</i>	0,057	0,078
<i>Sonchus asper</i>	0,111	0,050	<i>Microrrhinum minus</i>	0,038	0,095
<i>Conyza canadensis</i>	-0,038	0,084	<i>Avena fatua</i>	0,004	0,091
<i>Stellaria media</i>	-0,055	0,065	<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,005	0,074
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-0,094	0,055	<i>Portulaca oleracea</i>	-0,011	0,200
<i>Consolida regalis</i>	-0,133	0,156	<i>Sorghum halepense</i>	-0,075	0,074
<i>Descurainia sophia</i>	-0,136	0,099	<i>Setaria viridis</i>	-0,106	0,084
<i>Papaver rhoeas</i>	-0,290	0,106	<i>Echinochloa crus-galli</i>	-0,133	0,079
Mezotriton (+ magas – alacsony)			Izoxaflutol (+ magas – alacsony)		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,128	0,050	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,198	0,109
<i>Lolium perenne</i>	0,086	0,084	<i>Mercurialis annua</i>	0,081	0,062
<i>Setaria pumila</i>	0,081	0,043	<i>Lolium perenne</i>	0,056	0,036
<i>Solanum nigrum</i>	-0,023	0,028	<i>Veronica polita</i>	0,053	0,029
<i>Conyza canadensis</i>	-0,039	0,093	<i>Datura stramonium</i>	0,042	0,027
<i>Artemisia vulgaris</i>	-0,045	0,065	<i>Atriplex patula</i>	0,021	0,022
<i>Bromus sterilis</i>	-0,053	0,048	<i>Solanum nigrum</i>	-0,028	0,041
<i>Chenopodium hybridum</i>	-0,085	0,082	<i>Euphorbia falcata</i>	-0,041	0,023
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-0,106	0,105	<i>Descurainia sophia</i>	-0,067	0,024
<i>Chenopodium album</i>	-0,129	0,042	<i>Chenopodium album</i>	-0,109	0,030
N-műtrágyázás (+ magas – alacsony)			Sortávolság (+ magas – alacsony)		
<i>Elymus repens</i>	0,090	0,021	<i>Chenopodium album</i>	0,095	0,022
<i>Viola arvensis</i>	0,059	0,039	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,078	0,021
<i>Veronica persica</i>	0,049	0,008	<i>Panicum miliaceum</i>	0,071	0,039
<i>Apera spica-venti</i>	0,046	0,015	<i>Xanthium italicum</i>	-0,034	0,041
<i>Euphorbia helioscopia</i>	-0,035	0,011	<i>Veronica persica</i>	-0,038	0,027
<i>Stellaria media</i>	-0,039	0,041	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-0,050	0,024
<i>Consolida orientalis</i>	-0,052	0,027	<i>Helianthus annuus</i>	-0,054	0,021
<i>Mercurialis annua</i>	-0,054	0,024	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-0,060	0,022
<i>Setaria pumila</i>	-0,060	0,026	<i>Convolvulus arvensis</i>	-0,073	0,026
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,125	0,044	<i>Papaver rhoeas</i>	-0,188	0,044

11. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 9. táblázatban specifikált szignifikáns hatású környezeti változók esetében a mákvetésekben.

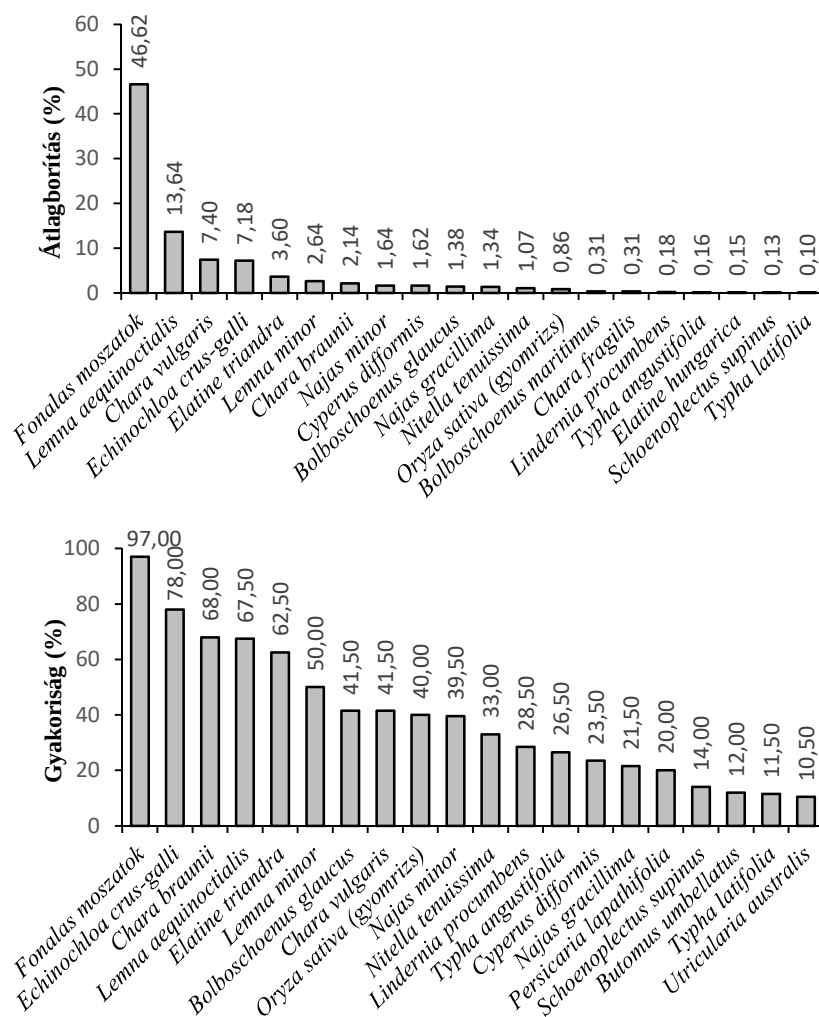
	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Talajkötöttség (+ kötött – laza)			Talaj Mg-tartalom (+ magas – alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0,143	0,051	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,121	0,040
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,107	0,039	<i>Avena fatua</i>	0,094	0,077
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,075	0,043	<i>Cirsium arvense</i>	0,049	0,034
<i>Euphorbia falcata</i>	0,063	0,053	<i>Chenopodium hybridum</i>	0,045	0,023
<i>Stachys annua</i>	0,052	0,050	<i>Fumaria schleicheri</i>	-0,015	0,023
<i>Conium maculatum</i>	0,044	0,037	<i>Stachys annua</i>	-0,039	0,028
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0,033	0,032	<i>Euphorbia falcata</i>	-0,057	0,044
<i>Silene alba</i>	-0,041	0,044	<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,062	0,029
<i>Consolida regalis</i>	-0,089	0,070	<i>Polygonum aviculare</i>	-0,104	0,028
<i>Papaver rhoeas</i>	-0,178	0,040	<i>Chenopodium album</i>	-0,219	0,120
Talaj CaCO ₃ -tartalom (+ magas – alacsony)			Hőmérséklet (+ magas – alacsony)		
<i>Polygonum aviculare</i>	0,141	0,051	<i>Sorghum halepense</i>	0,115	0,107
<i>Mercurialis annua</i>	0,082	0,064	<i>Setaria viridis</i>	0,087	0,044
<i>Euphorbia helioscopia</i>	0,066	0,094	<i>Bromus sterilis</i>	0,051	0,045
<i>Euphorbia falcata</i>	0,048	0,031	<i>Cynodon dactylon</i>	0,042	0,033
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,036	0,042	<i>Lathyrus tuberosus</i>	0,026	0,042
<i>Solanum nigrum</i>	0,026	0,035	<i>Atriplex patula</i>	-0,027	0,037
<i>Persicaria lapathifolia</i>	-0,039	0,046	<i>Viola arvensis</i>	-0,053	0,039
<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,060	0,028	<i>Veronica persica</i>	-0,056	0,058
<i>Portulaca oleracea</i>	-0,064	0,057	<i>Mercurialis annua</i>	-0,139	0,182
<i>Hibiscus trionum</i>	-0,078	0,045	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-0,141	0,125



17. ábra. A mákvetések adatainak elemzésekor feltárt 10 szignifikáns hatású változót és a fajokat tartalmazó csökkentett RDA modell ordinációs diagramjai. Csak az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő fajok kerültek bemutatásra.

3.5. A rizsvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők

A rizsvetések cönológiai felvételeiben, a fonalas moszatok csoportja mellett, faji szinten összesen 39 makrofiton növényt regisztráltunk. A borítási és gyakorisági rangsorban egyaránt a fonalas moszatok kerültek az első helyre (18-19. ábrák). A makrofitonok 15 növény családba tartoznak, melyek közül a következőknek volt a legnagyobb borítási részesedése: *Lemnaceae* (17,5%), *Characeae* (11,7%) és *Poaceae* (8,7%).



18. ábra. A vizsgált rizsvetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási és gyakorisági rangsora.

A 11 magyarázó változót tartalmazó teljes RDA modell 48,5%-át, míg a csökkentett modell – 9 változóval – 47,4%-át magyarázta a fajadatok teljes varianciájának. A pRDA modellek magyarázott varianciája szerint a rizs borítása volt a legfontosabb változó, melyet sorrendben a következők követtek: penoxszulam & azimszulfuron herbicid-hatóanyagok, művelési mélység, P- és K-műtrágyázás, az utolsó váltónövény termesztése óta eltelt évek száma, májusi vízmélység, vetés típusa, pendimetalin és a víz vezetőképessége (12. táblázat).

A legjobban illeszkedő fajok válaszait (pozíciójukat a pRDA tengely mentén) a 13. táblázat tartalmazza, azokban az esetekben, amikor a prediktoroknak csak egy kötött tengelyük volt. Az összevont „P- és K-műtrágyázás” változónál csak az első tengely szignifikáns, melynek mentén elkülönülnek egymástól a magas foszfor- és káliumműtrágya dózisokat kapott parcellák és azok, melyek közepes vagy zero adagokban részesültek (20. ábra). Ezekre a műtrágyákra érzékeny fajok pozitív értékeket mutatnak az első RDA tengely mentén. Az egyesített „penoxszulam & azimszulfuron” herbicid változó pRDA modelljében a kötött tengely szignifikáns volt 5%-os szinten, de egyetlen (legalább 10 parcellán előforduló) faj sem asszociálódott erősen azokkal a helyekkel, ahol egyik herbicidet sem használták (ábra nincs feltüntetve). Emiatt, megismételtük ezt a pRDA elemzést az előbb említett helyek kizárásával, miközben a „penoxszulam & azimszulfuron” kezelést bináris változóvá redukáltuk (13. táblázat). A fajadatok többváltozós RDA ordinációjában az első tengely leginkább a májusi vízmélységgel és a rizs borításával hozható kapcsolatba, míg a második tengely erősen korrelál a „penoxszulam & azimszulfuron” herbiciddel, a „P-és K-műtrágyázással”, a vetés típusával és az utolsó váltónövény termesztése óta eltelt évek számával (21. ábra). Az erősen asszociálódó fajokra vonatkozó legtöbb variancia a második tengely mentén koncentrálódik, a *Schoenoplectus supinus* magasabb, míg a *Chara braunii* alacsonyabb értéket képvisel (21. ábra).

A rizs borítása és a vetőmag mennyisége között szignifikáns pozitív korreláció volt kimutatható ($r = 0,358$; $p < 0,01\%$), és az ANOVA szerint ($F = 4,077$; $p < 0,01\%$) a fajta is szignifikánsan befolyásolta a rizs borítását. A Tukey-féle post hoc-tesztek azt mutatták, hogy az M-60 fajta szignifikánsan nagyobb borítással rendelkezett, mint a Fruzsina és az M-225, de más fajtapárok közötti különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak.



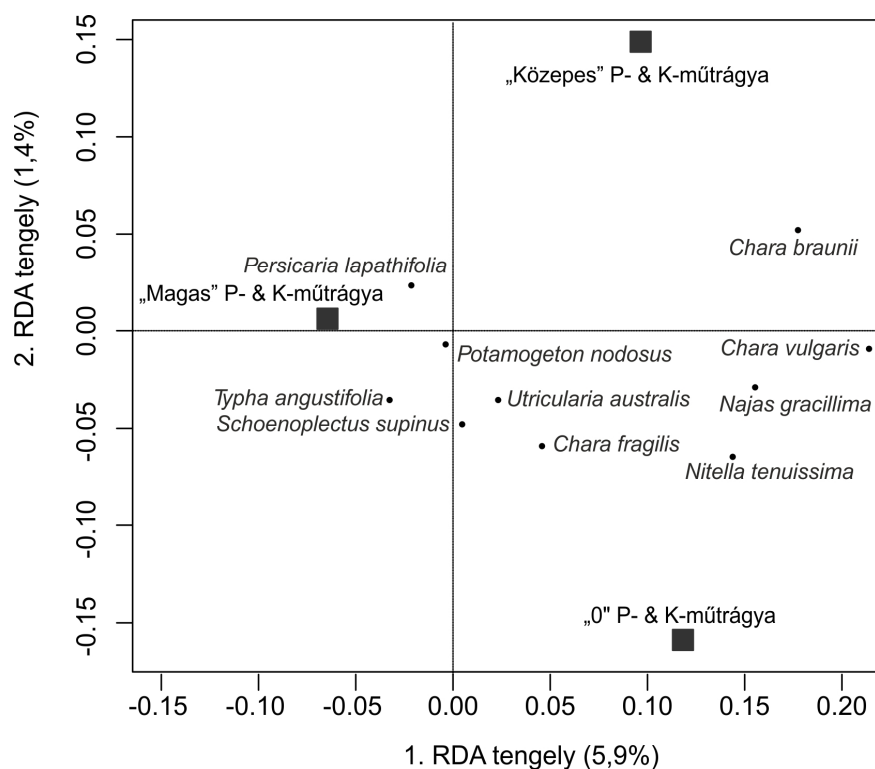
19. ábra. A vizsgált rizsvetések két legnagyobb térfoglalású gyomnövénye: a fonális moszatok (balra) és a *Lemna aequinoctialis* (jobbra).

12. táblázat. A magyarázó változók (pRDA analízissel azonosított) teljes és tiszta hatása a rizsvetések gyomnövényzetének fajösszetételére.

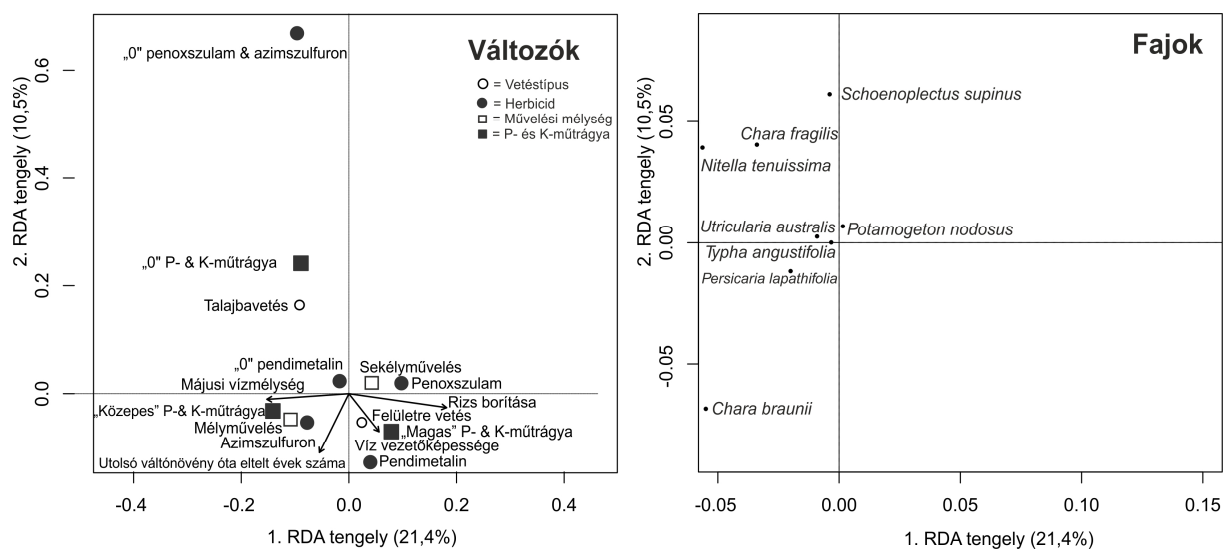
Változók	df	Teljes hatás		Tiszta hatás		F	p-érték
		Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}		
Rizsborítás	1	13,3	0,123	5,731	0,0476	9,5814	0,005
Penoxszulam & azimszulfuron	2	11,21	0,0915	5,299	0,0331	4,429	0,005
Művelési mélység	1	5,148	0,0406	3,789	0,028	6,3345	0,005
P- és K-műtrágyázás	2	11,54	0,0948	4,131	0,0211	3,4525	0,01
Utolsó váltónövény óta eltelt évek	1	5,706	0,0462	2,58	0,0158	4,3128	0,005
Májusi vízmélység	1	8,23	0,0718	2,51	0,015	4,1961	0,005
Vetés típusa	1	3,426	0,0232	1,822	0,0081	3,0459	0,005
Pendimetalin	1	2,092	0,0097	1,567	0,0055	2,6196	0,015
Víz vezetőképessége	1	3,971	0,0287	1,464	0,0045	2,4477	0,0225

13. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 12. táblázatban specifikált szignifikáns hatású változók esetében a rizsvetésekben.

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Rizsborítás (+ magas – alacsony)			Herbicide (+ penoxszulam – azimszulfuron)		
<i>Lemna aequinoctialis</i>	0,501	0,192	<i>Lemna aequinoctialis</i>	0,256	0,049
<i>Oryza sativa</i> (gyomrizs)	0,097	0,053	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,137	0,030
<i>Nitella tenuissima</i>	0,071	0,032	<i>Elatine triandra</i>	0,098	0,035
<i>Persicaria lapathifolia</i>	-0,011	0,015	<i>Chara fragilis</i>	0,056	0,077
<i>Butomus umbellatus</i>	-0,017	0,048	<i>Schoenoplectus supinus</i>	0,024	0,048
<i>Typha angustifolia</i>	-0,025	0,020	<i>Polygonum aviculare</i>	-0,014	0,097
<i>Najas gracillima</i>	-0,049	0,015	<i>Bidens frondosa</i>	-0,020	0,093
<i>Bolboschoenus glaucus</i>	-0,126	0,055	<i>Persicaria lapathifolia</i>	-0,032	0,113
<i>Echinochloa crus-galli</i>	-0,133	0,029	<i>Oryza sativa</i> (gyomrizs)	-0,191	0,201
<i>Chara vulgaris</i>	-0,176	0,038	Fonals moszatok	-0,251	0,061
Művelési mélység (+ mély – sekély)			Májusi vízmélység (+ nagy – alacsony)		
Fonals moszatok	0,251	0,060	Fonals moszatok	0,252	0,061
<i>Cyperus difformis</i>	0,121	0,074	<i>Nitella tenuissima</i>	0,075	0,035
<i>Typha angustifolia</i>	0,027	0,023	<i>Oryza sativa</i> (gyomrizs)	0,059	0,020
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0,023	0,062	<i>Chara fragilis</i>	0,032	0,025
<i>Typha latifolia</i>	0,019	0,023	<i>Lindernia procumbens</i>	-0,046	0,107
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	0,017	0,054	<i>Najas gracillima</i>	-0,054	0,018
<i>Nitella tenuissima</i>	-0,097	0,060	<i>Najas minor</i>	-0,074	0,031
<i>Chara braunii</i>	-0,128	0,0751	<i>Elatine triandra</i>	-0,106	0,034
<i>Najas gracillima</i>	-0,181	0,2043	<i>Echinochloa crus-galli</i>	-0,126	0,025
<i>Chara vulgaris</i>	-0,288	0,101	<i>Lemna minor</i>	-0,186	0,103
Váltónövény óta eltelt évek (+ sok – kevés)			Vetés típusa (+ felületre – talajba)		
<i>Chara braunii</i>	0,193	0,169	Fonals moszatok	0,165	0,026
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,165	0,044	<i>Oryza sativa</i> (gyomrizs)	0,125	0,088
<i>Lemna minor</i>	0,158	0,074	<i>Nitella tenuissima</i>	0,074	0,034
<i>Elatine triandra</i>	0,151	0,069	<i>Chara fragilis</i>	0,041	0,043
<i>Nitella tenuissima</i>	0,069	0,030	<i>Utricularia australis</i>	0,027	0,036
<i>Lindernia procumbens</i>	0,040	0,082	<i>Bidens frondosa</i>	0,017	0,066
<i>Polygonum aviculare</i>	-0,012	0,077	<i>Najas gracillima</i>	-0,063	0,025
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	-0,014	0,037	<i>Najas minor</i>	-0,067	0,025
<i>Typha latifolia</i>	-0,027	0,045	<i>Elatine triandra</i>	-0,090	0,024
<i>Persicaria lapathifolia</i>	-0,035	0,139	<i>Chara vulgaris</i>	-0,139	0,023
Herbicide pendimetalin (+ igen – nem)			Víz vezetőképessége (+ magas – alacsony)		
<i>Lemna minor</i>	0,142	0,06	<i>Nitella tenuissima</i>	0,194	0,239
<i>Alisma lanceolata</i>	-0,009	0,037	<i>Chara braunii</i>	0,125	0,071
<i>Butomus umbellatus</i>	-0,012	0,025	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,116	0,022
<i>Utricularia australis</i>	-0,026	0,033	<i>Utricularia australis</i>	0,070	0,239
<i>Schoenoplectus supinus</i>	-0,032	0,068	<i>Cyperus difformis</i>	0,031	0,005
<i>Chara fragilis</i>	-0,034	0,028	<i>Polygonum aviculare</i>	-0,003	0,006
<i>Typha angustifolia</i>	-0,051	0,084	<i>Butomus umbellatus</i>	-0,006	0,007
<i>Najas minor</i>	-0,086	0,042	Fonals moszatok	-0,057	0,003
<i>Nitella tenuissima</i>	-0,105	0,069	<i>Elatine triandra</i>	-0,06	0,010
<i>Chara vulgaris</i>	-0,152	0,028	<i>Lemna minor</i>	-0,087	0,022



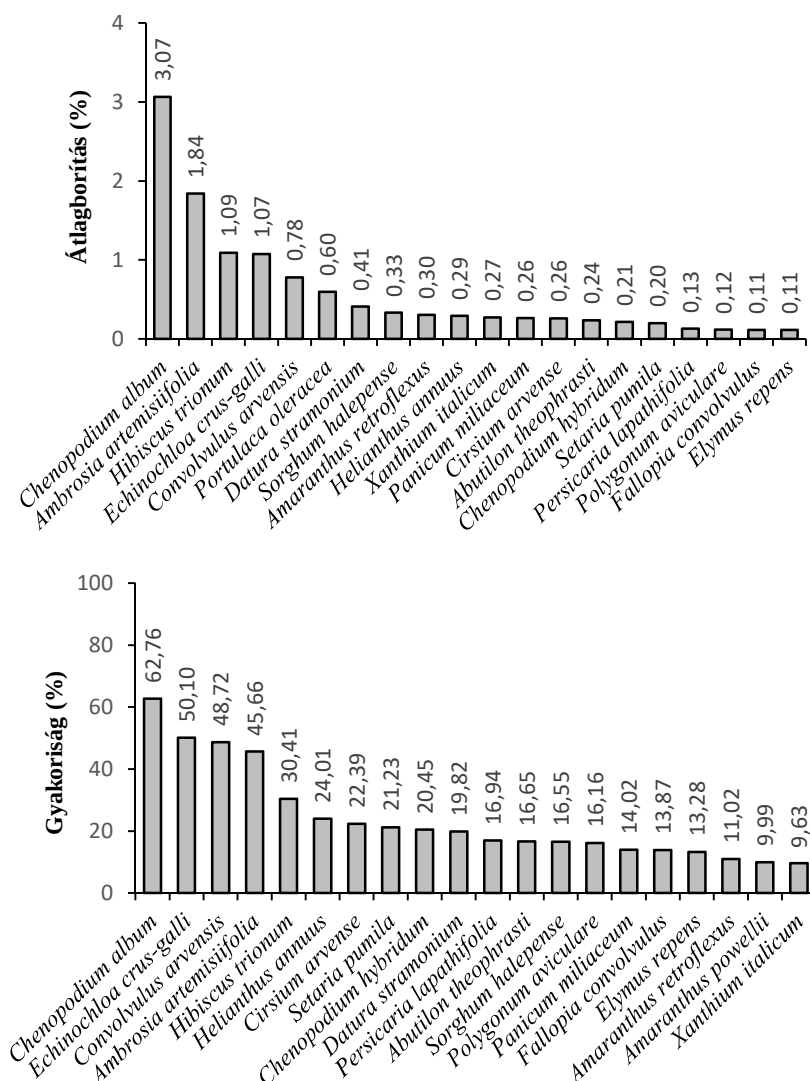
20. ábra. A rizsvetések adatainak elemzése során, a „foszfor- és kálium-műtrágyázás” változót tartalmazó parciális RDA modell ordinációs diagramja. Az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő tíz faj került bemutatásra. (Csak az első tengely szignifikáns, 5%-os szinten).



21. ábra. A rizsvetések adatainak elemzésekor feltárt 9 szignifikáns hatású változót és a fajokat tartalmazó csökkentett RDA modell ordinációs diagramjai. Csak az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő fajok kerültek bemutatásra.

3.6. A szójabetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők

A felvételezett szójabetésekben összesen 154 gyomnövényt regisztráltunk. Az alábbi fajok érték el a legnagyobb borítást és gyakoriságot: *Chenopodium album*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Hibiscus trionum*, *Echinochloa crus-galli* és *Convolvulus arvensis* (22-23. ábrák).



22. ábra. A vizsgált szójabetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási és gyakorisági rangsora.

A 38 magyarázó változót tartalmazó teljes RDA modell 25,1%-át, míg a 24 változót magában foglaló csökkentett modell 21,6%-át magyarázta a fajadatok teljes varianciájának. A pRDA analízis azt mutatta, hogy a csökkentett modellben maradt 24 változónak szignifikáns tiszta hatása van a fajösszetételre, melyek közül a mintavétel helye, a hőmérséklet és a talajkötöttség bizonyultak a legmeghatározóbbaknak (14. táblázat). Az egyes prediktor változókkal leginkább

asszociálódó tíz gyomfaj közül a legnagyobb tömegességgel rendelkező négy faj válaszait mutatom be a 15., 16. és 17. táblázatokban, a változócsoportok szerint csoportosítva.

A csökkentett RDA modell ordinációs diagramjain (24. ábra), a magyarázó változók közül, az első tengely leginkább a talaj humusz- és káliumtartalmával, valamint a csapadékkal; míg a második tengely a talaj kémhatásával, hőmérséklettel, a fajta éréscsoportjával és a propaquizafop herbicid-hatóanyag alkalmazásával függ össze. Következésképpen, az első tengely pozitív iránya a szárazabb régiók tápanyagban és káliumban gazdag talajaival korrelál, ahol tipikus gyomfajok a *Hibiscus trionum* és a *Chenopodium album*. Ugyanakkor az első tengely alacsony értékei a humuszban és káliumban szegény, csapadékban gazdagabb termőhelyeket képviselik, ahol általánosan elterjedt az *Ambrosia artemisiifolia*. A hűvösebb régiókból származó mintáink, melyek egyúttal savanyú talajokkal és az *Echinochloa crus-galli* előfordulásával is jellemezhetők, negatív értékeket mutatnak a második RDA tengely mentén. Ez utóbbiakkal ellentétben, az inkább bázikus talajú, melegebb régiók szántói – a *Sorghum halepense* gyakori jelenlétével – magas értékekkel rendelkeznek a második tengelyen.

14. táblázat. A magyarázó változók (pRDA analízissel azonosított) teljes és tiszta hatása a szójavetések gyomnövényzetének fajösszetételére.

Változók	df	Teljes hatás		Tiszta hatás		F	p-érték
		Magyarázott variancia (%)	R_{adj}^2	Magyarázott variancia (%)	R_{adj}^2		
Mintavétel helye	1	1,729	0,0154	1,729	0,0164	10,6686	0,001
Hőmérséklet	1	2,397	0,0221	1,497	0,0140	9,2379	0,001
Talajkööttség	1	1,416	0,0122	0,951	0,0083	5,8672	0,001
Talaj Ca-tartalom	1	1,289	0,0110	0,872	0,0074	5,3807	0,001
Flumioxazin	1	0,987	0,0079	0,817	0,0069	5,0423	0,001
Talaj K-tartalom	1	2,334	0,0214	0,771	0,0064	4,7611	0,001
Csapadék	1	3,199	0,0301	0,719	0,0058	4,4393	0,001
Pendimetalin	1	1,040	0,0085	0,664	0,0053	4,0978	0,001
Fajta éréscsoport	2	1,643	0,0126	0,799	0,0050	2,4642	0,001
Szerves trágya	1	0,732	0,0054	0,616	0,0048	3,804	0,001
Talaj pH	1	1,654	0,0146	0,551	0,0041	3,3998	0,001
P-műtrágya	1	0,499	0,0031	0,550	0,0041	3,3943	0,001
Tengerszint feletti magasság	1	1,803	0,0161	0,547	0,0040	3,3758	0,001
Dimetenamid	1	1,038	0,0085	0,478	0,0033	2,9527	0,001
Propaquizafop	1	0,596	0,0040	0,453	0,0030	2,7935	0,001
Sortávolság	1	0,763	0,0057	0,426	0,0028	2,6287	0,003
N-műtrágya	1	0,487	0,0029	0,417	0,0027	2,5762	0,003
Bentazon	1	0,438	0,0024	0,409	0,0026	2,5241	0,004
Quizalofop-p-etil	1	0,168	-0,0003	0,398	0,0025	2,4542	0,006
Quizalofop-p-tefuril	1	0,538	0,0034	0,387	0,0024	2,39	0,005
Talaj Na-tartalom	1	0,752	0,0056	0,370	0,0022	2,282	0,005
Linuron	1	0,645	0,0045	0,354	0,0020	2,1829	0,006
Talaj humusztartalma	1	2,207	0,0202	0,342	0,0019	2,1132	0,01
Tifenszulfuron	1	0,278	0,0008	0,324	0,0017	2,0014	0,012

15. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 14. táblázatban specifikált szignifikáns hatású környezeti és hely-kontextus változók esetében a szójavetésekben. (A tíz legjobban illeszkedő faj közül csak a négy legnagyobb tömegességgel rendelkező került bemutatásra).

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Talaj pH (+ savanyú, – bázikus)			Talajköttőség (+ magas, – alacsony)		
<i>Setaria pumila</i>	0,105	0,022	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,244	0,042
<i>Xanthium italicum</i>	0,048	0,010	<i>Persicaria lapathifolia</i>	0,145	0,052
<i>Chenopodium hybridum</i>	–0,064	0,012	<i>Portulaca oleracea</i>	–0,126	0,059
<i>Chenopodium album</i>	–0,171	0,016	<i>Convolvulus arvensis</i>	–0,129	0,012
Talaj humusz (+ magas, – alacsony)			Talaj Ca (+ magas, – alacsony)		
<i>Hibiscus trionum</i>	0,163	0,030	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,189	0,016
<i>Helianthus annuus</i>	0,088	0,010	<i>Mercurialis annua</i>	0,137	0,083
<i>Veronica persica</i>	–0,011	0,007	<i>Xanthium italicum</i>	–0,074	0,023
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	–0,018	0,006	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0,166	0,019
Talaj K (+ magas, – alacsony)			Talaj Na (+ magas, – alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0,230	0,029	<i>Convolvulus arvensis</i>	0,100	0,007
<i>Chenopodium hybridum</i>	0,075	0,016	<i>Datura stramonium</i>	0,079	0,013
<i>Sorghum halepense</i>	–0,133	0,019	<i>Portulaca oleracea</i>	–0,064	0,015
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,144	0,009	<i>Helianthus annuus</i>	–0,079	0,008
Hőmérséklet (+ magas, – alacsony)			Csapidék (+ magas, – alacsony)		
<i>Sorghum halepense</i>	0,292	0,092	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,179	0,015
<i>Cynodon dactylon</i>	0,114	0,023	<i>Calystegia sepium</i>	0,046	0,015
<i>Amaranthus powellii</i>	–0,046	0,011	<i>Lathyrus tuberosus</i>	–0,094	0,034
<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0,178	0,022	<i>Hibiscus trionum</i>	–0,158	0,029
Tengerszint feletti m. (+ magas, – alacsony)			Mintavétel helye (+ táblabelső, – szegély)		
<i>Helianthus annuus</i>	0,183	0,044	<i>Helianthus annuus</i>	0,158	0,032
<i>Plantago major</i>	0,012	0,020	<i>Zea mays</i>	0,070	0,022
<i>Xanthium italicum</i>	–0,064	0,017	<i>Polygonum aviculare</i>	–0,246	0,151
<i>Hibiscus trionum</i>	–0,114	0,015	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,345	0,056

16. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 14. táblázatban specifikált szignifikáns hatású agrotechnikai változók esetében a szójavetésekben. (A tíz legjobban illeszkedő faj közül csak a négy legnagyobb tömegességgel rendelkező került bemutatásra).

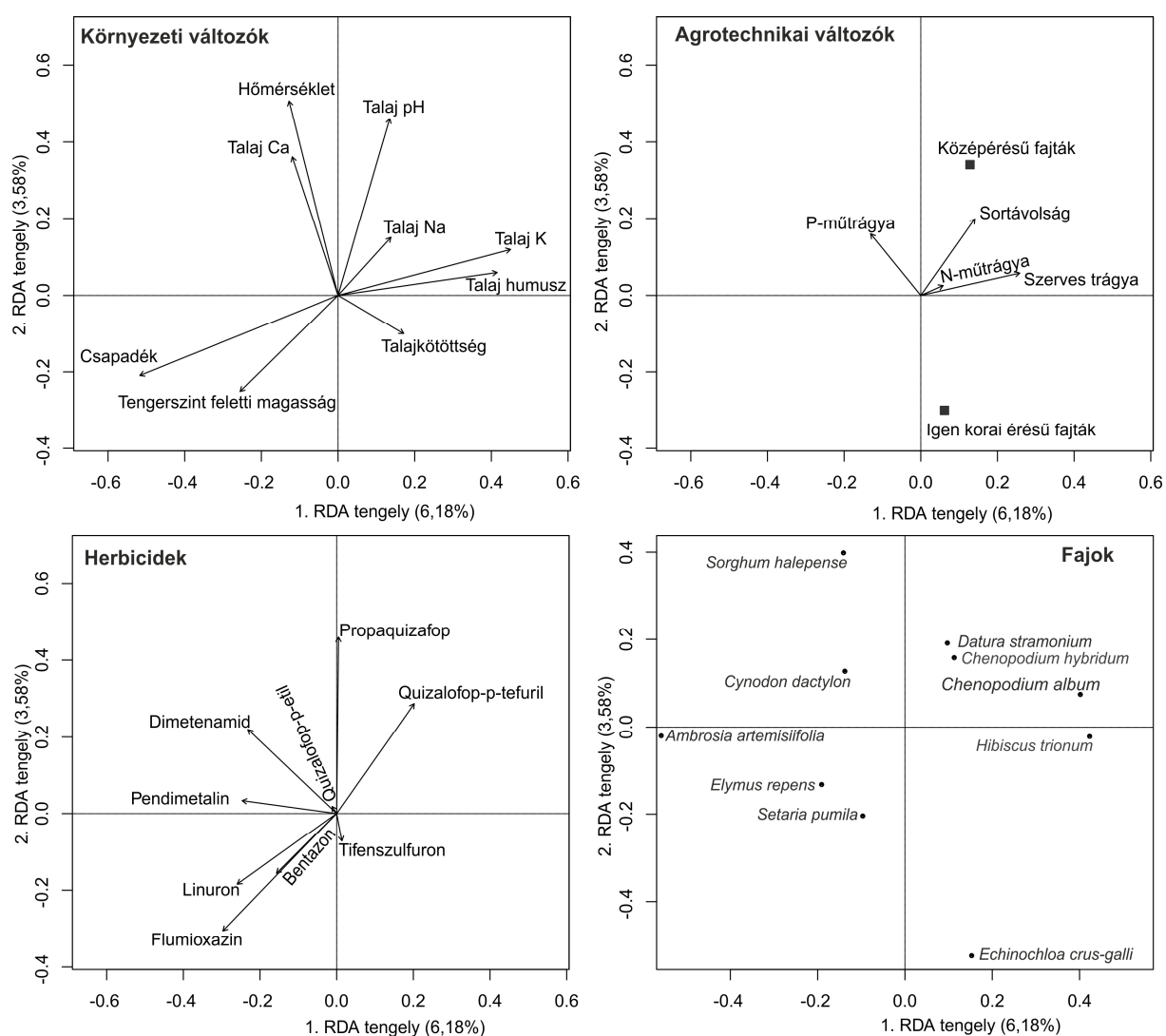
	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Sortávolság (+ széles, – keskeny)			Szerves trágya (+ magas, – alacsony)		
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,066	0,013	<i>Panicum miliaceum</i>	0,086	0,013
<i>Datura stramonium</i>	0,049	0,005	<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,079	0,020
<i>Amaranthus powellii</i>	0,030	0,005	<i>Helianthus annuus</i>	–0,139	0,025
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,184	0,016	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,209	0,020
N-műtrágya (+ magas, – alacsony)			P-műtrágya (+ magas, – alacsony)		
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,163	0,019	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,168	0,013
<i>Abutilon theophrasti</i>	0,079	0,008	<i>Chenopodium album</i>	0,110	0,006
<i>Chenopodium polyspermum</i>	–0,025	0,005	<i>Portulaca oleracea</i>	–0,050	0,009
<i>Datura stramonium</i>	–0,054	0,006	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0,171	0,020

17. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 14. táblázatban specifikált szignifikáns hatású gyomszabályozási változók esetében a szójavetésekben. (A tíz legjobban illeszkedő faj közül csak a négy legnagyobb tömegességgel rendelkező került bemutatásra).

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Pendimetalin (+ magas, – alacsony)			Flumioxazin (+ magas, – alacsony)			Linuron (+ magas, – alacsony)		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,205	0,019	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,233	0,038	<i>Abutilon theophrasti</i>	0,134	0,025
<i>Elymus repens</i>	0,099	0,022	<i>Cirsium arvense</i>	0,098	0,013	<i>Elymus repens</i>	0,066	0,010
<i>Setaria pumila</i>	–0,071	0,010	<i>Persicaria lapathifolia</i>	–0,062	0,009	<i>Chenopodium polyspermum</i>	–0,035	0,010
<i>Chenopodium album</i>	–0,160	0,014	<i>Chenopodium album</i>	–0,129	0,009	<i>Chenopodium album</i>	–0,099	0,005
Bentazon (+ magas, – alacsony)			Tifenszulfuron (+ magas, – alacsony)			Dimetenamid (+ magas, – alacsony)		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,164	0,012	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,127	0,011	<i>Cynodon dactylon</i>	0,129	0,030
<i>Amaranthus powellii</i>	0,039	0,008	<i>Solanum nigrum</i>	0,020	0,005	<i>Helianthus annuus</i>	0,070	0,006
<i>Datura stramonium</i>	–0,078	0,013	<i>Cannabis sativa</i>	–0,035	0,006	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,117	0,006
<i>Sorghum halepense</i>	–0,097	0,010	<i>Chenopodium album</i>	–0,133	0,010	<i>Chenopodium album</i>	–0,141	0,011
Propaquizafop (+ magas, – alacsony)			Quizalofop-p-tefuri (+ magas, – alacsony)			Quizalofop-p-etil (+ magas, – alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0,096	0,005	<i>Sorghum halepense</i>	0,089	0,008	<i>Chenopodium album</i>	0,108	0,006
<i>Sorghum halepense</i>	0,092	0,009	<i>Datura stramonium</i>	0,083	0,014	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,035	0,007
<i>Abutilon theophrasti</i>	0,091	0,011	<i>Phragmites australis</i>	–0,028	0,008	<i>Solanum nigrum</i>	–0,022	0,006
<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0,171	0,021	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,133	0,008	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,128	0,007

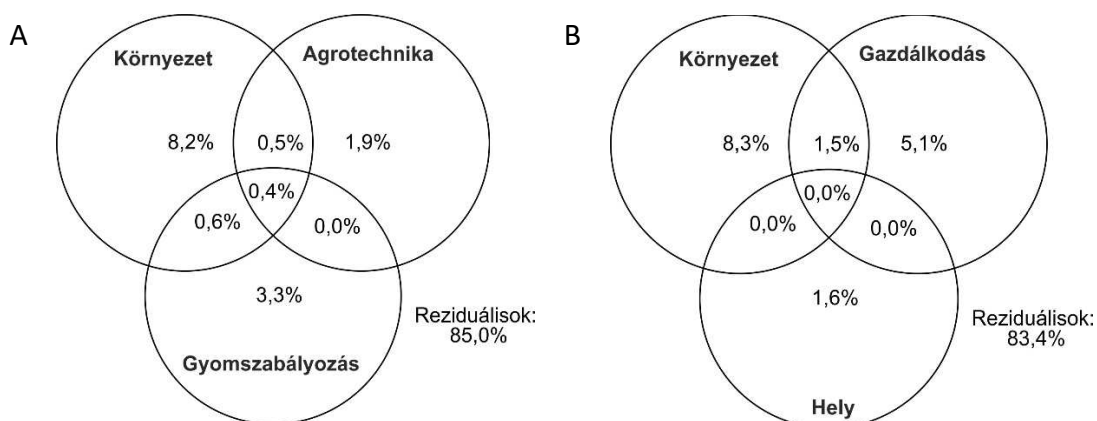


23. ábra. A vizsgált szójavevények két jelentős térfoglalású gyomnövénye: a *Chenopodium album* (balra) és a *Hibiscus trionum* (jobbra).



24. ábra. A szójavevények adatainak elemzésekor feltárt 24 szignifikáns hatású változót és a fajokat tartalmazó csökkentett RDA modell ordinációs diagramjai. Csak az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő fajok kerültek bemutatásra.

Az RDA modell variancia-partícionálása feltárta, hogy az abiotikus környezeti változók nagyobb varianciát magyaráznak a többi változócsoporthoz, ennek mértéke 4,3-szor, 2,5-szor, 1,6-szor és 5,2-szor nagyobb, mint az agrotechnikai, gyomszabályozási, gazdálkodási és hely-kontextus változók által külön-külön magyarázott variancia (25. ábra).

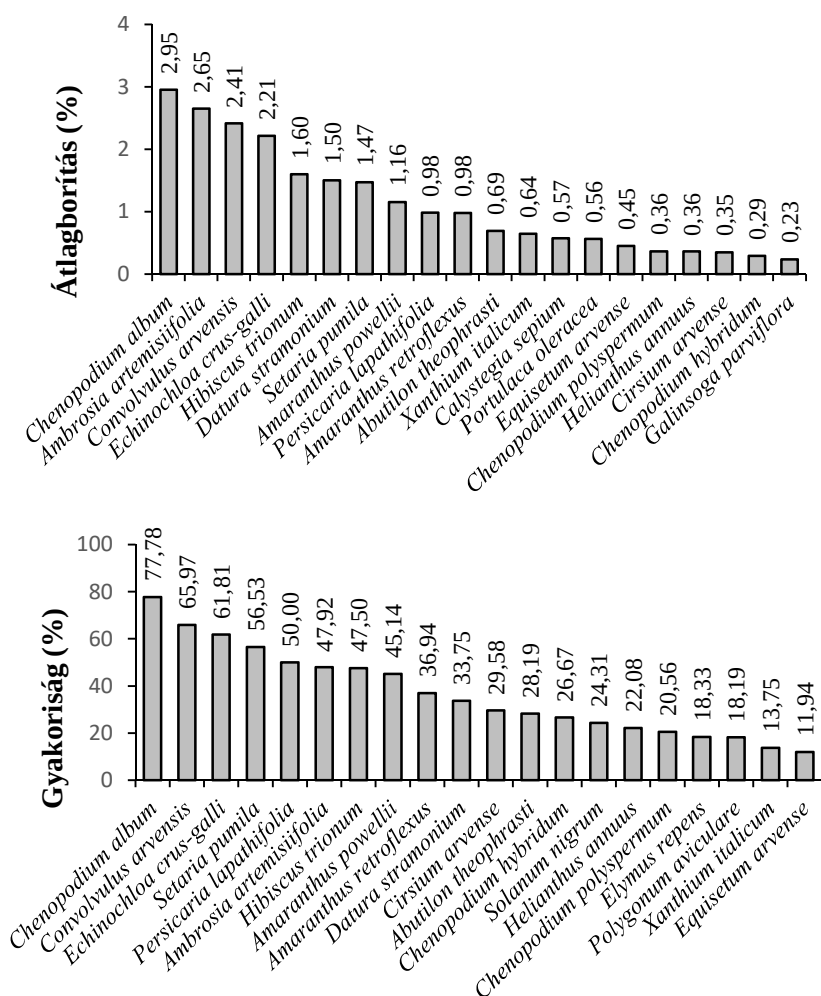


25. ábra. A parciális RDA elemzés alapján a szójavetések gyomfaj-összetételében rejlő összes variancia felosztása tisztán A: környezeti, agrotechnikai és gyomszabályozási és B: környezeti, gazdálkodási (összevont agrotechnikai és gyomszabályozási) és hely-kontextus változók, illetve azok által közösen magyarázott százalékos varianciához.

3.7. Az olajtökvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló tényezők

Összesen 168 gyomnövény előfordulását regisztráltuk. A *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Echinochloa crus-galli*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Hibiscus trionum* és *Setaria pumila* voltak a legtömegesebb gyomnövények (26-27. ábrák).

A 30 változót magában foglaló teljes RDA modell a teljes variancia 35,4%-át, míg a 18 változót tartalmazó csökkentett modell 30,8%-át magyarázta. A pRDA elemzés szerint mind a 18 modellben maradó változónak szignifikáns tiszta hatása volt a fajösszetételre. A klimatikus tényezők (csapadék és hőmérséklet) lettek a legfontosabbak (18. táblázat). Hét további abiotikus (beleértve hely-kontextus) tényező (felvételezés helye; a talaj Mg-, K-, Ca-, P- és humusz-koncentrációja, valamint pH-ja), hét nem vegyszeres gazdálkodási faktor (elővetemény, N- és P-műtrágyázás, vetőmag mennyisége, kultúrnövény borítása, sorközművelő kultivátorozás és kézi gyomirtás) és két herbicid (S-metolaklór és linuron) magyarázó ereje szintén szignifikánsnak bizonyult (18. táblázat).



26. ábra. A vizsgált olajtökvetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási és gyakorisági rangsora.



27. ábra. A vizsgált olajtökvetések két jelentős gyomnövénye: a *Convolvulus arvensis* (balra) és az *Echinochloa crus-galli* (jobbra).

18. táblázat. A magyarázó változók (pRDA analízissel azonosított) teljes és tiszta hatása az olajtökvetések gyomnövényzetének fajösszetételére.

Változók	df	Teljes hatás		Tiszta hatás		F	p-érték
		Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}		
Csapadék	1	9,660	0,0938	3,364	0,0333	14,629	0,001
Hőmérséklet	1	8,064	0,0778	1,805	0,0167	7,8499	0,001
Talaj Mg-tartalom	1	3,191	0,0289	1,595	0,0145	6,9356	0,001
Elővetemény	3	2,217	0,0129	1,863	0,0124	2,7004	0,001
N-műtrágya	1	1,523	0,0121	1,027	0,0085	4,4645	0,001
Talaj K-tartalom	1	6,713	0,0642	0,864	0,0067	3,7595	0,001
P-műtrágya	1	0,928	0,0062	0,863	0,0067	3,7547	0,001
S-metolaklór	1	1,926	0,0162	0,845	0,0065	3,6771	0,001
Kultivátorozás	1	1,377	0,0107	0,755	0,0056	3,2843	0,001
Talaj pH	1	5,923	0,0563	0,733	0,0054	3,1901	0,001
Kézi gyomszabályozás	1	0,820	0,0051	0,693	0,0049	3,0122	0,001
Talaj humusztartalma	1	4,343	0,0404	0,677	0,0048	2,9446	0,001
Talaj Ca-tartalom	1	2,894	0,0259	0,655	0,0045	2,8505	0,001
Vetőmag mennyisége	1	1,932	0,0163	0,624	0,0042	2,7135	0,001
Mintavétel helye	1	0,950	0,0064	0,578	0,0037	2,5143	0,001
Linuron	1	1,261	0,0521	0,578	0,0037	2,5131	0,002
Kultúrnövény-borítás	1	1,351	0,0104	0,566	0,0036	2,4602	0,002
Talaj P-tartalom	1	0,981	0,0067	0,560	0,0035	2,4334	0,002

A csak egy kötött tengellyel rendelkező prediktor változókkal leginkább asszociálódó tíz gyomfaj közül a legnagyobb tömegességgel rendelkező négy gyomfaj válaszait mutatom be a 19. és 20. táblázatokban, a változócsoportok szerint csoportosítva. Az elővetemény esetében csak az első két kötött tengely volt szignifikáns (28. ábra). Az első tengely mentén elkülönültek egymástól azok a szántók, ahol kapásnövény (kukorica és olajtök) és kalászos volt az elővetemény, míg a második tengely mentén a kukorica- és az olajtök-előveteménnyel rendelkező szántók váltak szét. Mindazonáltal a társuló gyomfajok nem követték teljes mértékben ezeket a szeparációkat, legtöbbjük ugyanis az ordinációs tér centruma környékén helyezkedik el (28. ábra).

A csökkentett RDA modell ordinációs diagramjain (29. ábra) az első tengely leginkább a csapadékhoz és a hőmérséklethez, valamint a talaj K- és humusztartalmához kapcsolódik, míg a második tengely a talaj Mg-koncentrációjával, a kultivátorozással, az S-metolaklór hatóanyaggal, továbbá a P- és N-műtrágyákkal korrelál. A hűvösebb és nedvesebb régiókból származó felvételek, melyeknél a talajok általában káliumban is szegényebbek – az *Ambrosia artemisiifolia*, a *Chenopodium polyspermum* és a *Setaria pumila* jelenlétével – pozitív értékeket képviselnek az első tengely mentén. Ezzel ellentétben a melegebb és szárazabb régiók felvételei, a káliumban gazdagabb talajokkal, valamint a *Datura stramonium* és a *Hibiscus trionum* gyakori előfordulásával, alacsony első tengely értékekkel jellemezhetők (29. ábra).

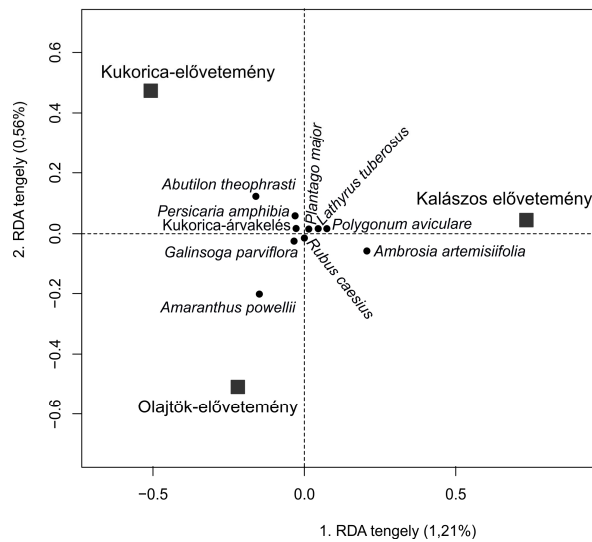
19. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 18. táblázatban specifikált szignifikáns hatású környezeti változók esetében az olajtökvetésekben. (A tíz legjobban illeszkedő faj közül csak a négy legnagyobb tömegességgel rendelkező került bemutatásra).

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Csapadék (+ magas, – alacsony)			Talaj Mg (– magas, + alacsony)			Talajhumusz (– magas, + alacsony)		
<i>Chenopodium polyspermum</i>	0,242	0,223	<i>Hibiscus trionum</i>	0,307	0,094	<i>Abutilon theophrasti</i>	–0,131	0,031
<i>Convolvulus arvensis</i>	–0,276	0,071	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,159	0,029	<i>Chenopodium hybridum</i>	–0,063	0,016
<i>Hibiscus trionum</i>	–0,260	0,068	<i>Datura stramonium</i>	–0,146	0,019	<i>Polygonum aviculare</i>	0,054	0,013
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,247	0,049	<i>Chenopodium hybridum</i>	–0,068	0,018	<i>Convolvulus arvensis</i>	0,107	0,010
Hőmérséklet (– magas, + alacsony)			Talaj K (+ magas, – alacsony)			Talaj P (– magas, + alacsony)		
<i>Solanum nigrum</i>	–0,096	0,056	<i>Datura stramonium</i>	0,179	0,029	<i>Datura stramonium</i>	0,167	0,025
<i>Setaria pumila</i>	0,180	0,052	<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,109	0,021	<i>Chenopodium hybridum</i>	–0,073	0,021
<i>Datura stramonium</i>	–0,197	0,035	<i>Chenopodium album</i>	0,125	0,017	<i>Galinsoga parviflora</i>	–0,030	0,010
<i>Hibiscus trionum</i>	–0,186	0,034	<i>Cirsium arvense</i>	–0,054	0,016	<i>Stachys annua</i>	0,022	0,010
Talaj pH (+ magas, – alacsony)			Talaj Ca (– magas, + alacsony)			Mintavétel helye (+ táblabelső, – szegély)		
<i>Sonchus arvensis</i>	0,028	0,053	<i>Abutilon theophrasti</i>	0,111	0,023	<i>Polygonum aviculare</i>	–0,144	0,098
<i>Setaria pumila</i>	–0,126	0,025	<i>Hibiscus trionum</i>	0,123	0,015	<i>Helianthus annuus</i>	0,103	0,029
<i>Datura stramonium</i>	0,134	0,016	<i>Chenopodium hybridum</i>	–0,056	0,012	<i>Artemisia vulgaris</i>	–0,018	0,021
<i>Convolvulus arvensis</i>	–0,129	0,015	<i>Convolvulus arvensis</i>	–0,114	0,012	<i>Elymus repens</i>	–0,055	0,017

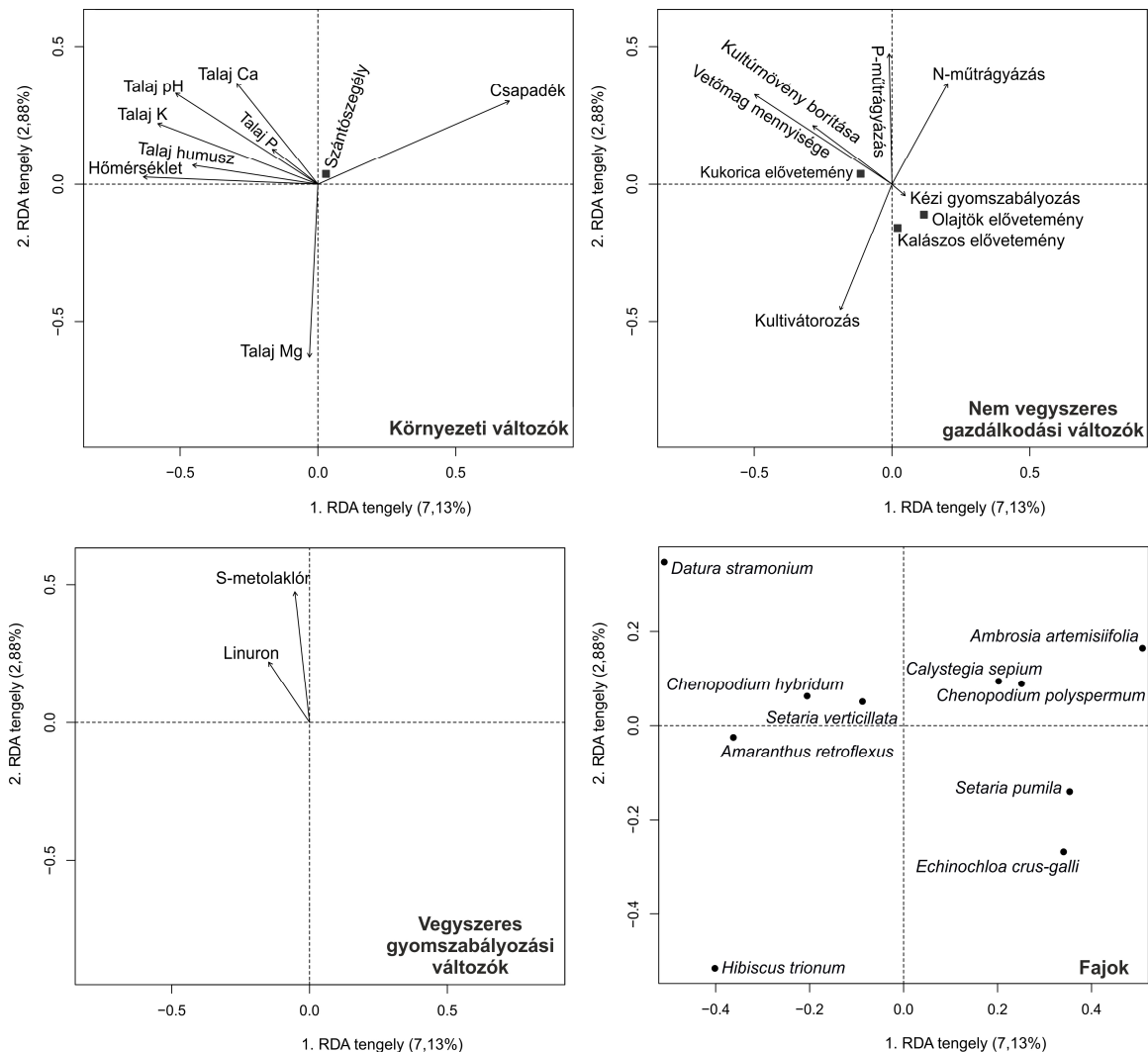
20. táblázat. Az első kötött tengely mentén legjobban illeszkedő fajok koordinátája és illeszkedése a parciális RDA modellekben, a 18. táblázatban specifikált szignifikáns hatású nem vegyszeres gazdálkodási és vegyszeres gyomszabályozási változók esetében az olajtökvetésekben. (A tíz legjobban illeszkedő faj közül csak a négy legnagyobb tömegességgel rendelkező került bemutatásra).

	Koor- dináta	Illesz- kedés		Koor- dináta	Illesz- kedés
Kultúrnövény borítása (+ magas, – alacsony)			Kultivátorozások száma (– magas, + alacsony)		
<i>Amaranthus powellii</i>	0,091	0,013	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,163	0,021
<i>Datura stramonium</i>	0,120	0,013	<i>Setaria pumila</i>	0,109	0,019
<i>Amaranthus retroflexus</i>	–0,086	0,013	<i>Galinsoga parviflora</i>	–0,039	0,018
<i>Portulaca oleracea</i>	–0,063	0,012	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0,107	0,013
Vetőmag mennyisége (+ magas, – alacsony)			Kézi gyomirtások száma (– magas, + alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0,164	0,030	<i>Abutilon theophrasti</i>	0,150	0,041
<i>Amaranthus retroflexus</i>	–0,127	0,028	<i>Portulaca oleracea</i>	–0,080	0,021
<i>Plantago major</i>	–0,023	0,019	<i>Heliotropium europaeum</i>	–0,031	0,021
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0,086	0,014	<i>Chenopodium album</i>	0,131	0,019
P-műtrágyázás (+ magas, – alacsony)			Linuron (– magas, + alacsony)		
<i>Chenopodium album</i>	0,212	0,049	<i>Chenopodium album</i>	0,137	0,020
<i>Chenopodium polyspermum</i>	0,080	0,024	<i>Solanum nigrum</i>	0,041	0,010
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	–0,149	0,018	<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,074	0,009
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,088	0,013	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,091	0,009
N-műtrágyázás (+ magas, – alacsony)			S-metolaklór (+ magas, – alacsony)		
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,274	0,061	<i>Amaranthus retroflexus</i>	–0,187	0,061
<i>Chenopodium album</i>	–0,188	0,039	<i>Setaria pumila</i>	–0,155	0,038
<i>Xanthium strumarium</i>	0,026	0,015	<i>Solanum nigrum</i>	–0,054	0,018
<i>Chenopodium polyspermum</i>	–0,060	0,014	<i>Echinochloa crus-galli</i>	–0,119	0,016

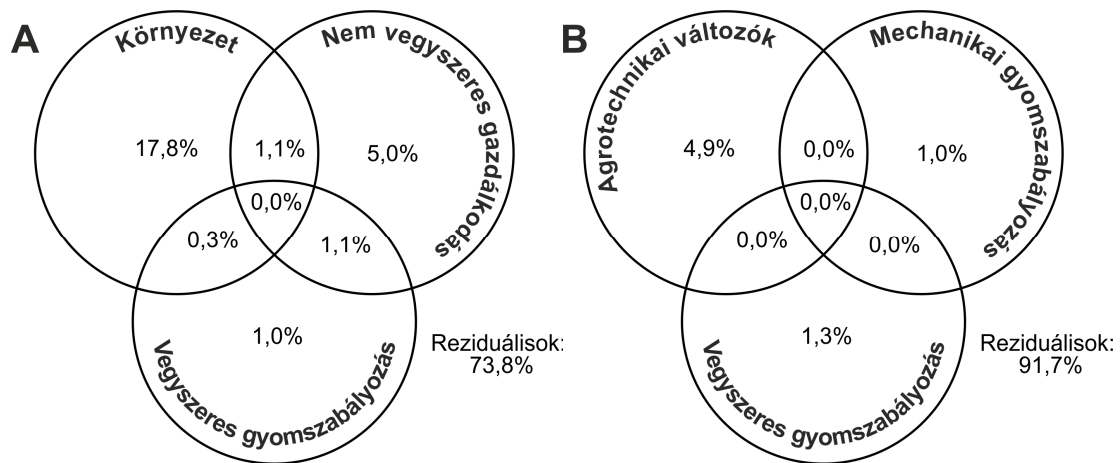
Az RDA modell variancia-partícionálása feltárta, hogy az abiotikus környezeti tényezők 3,6-szor több varianciát magyaráznak, mint a nem vegyszeres gazdálkodás változói, és 17,8-szor többet, mint a herbicidek; valamint a nem vegyszeres gazdálkodási változók 5-szor több varianciáért felelősek, mint a herbicidek (30A. ábra). Az agrotechnikai változók relatív hatása csaknem 5-szor nagyobb a mechanikai gyomszabályozásénál, a vegyszeres gyomszabályozási eljárások fontossága csak kissé nagyobb, mint a mechanikai gyomszabályozásé, továbbá az agrotechnikai tényezők 3,8-szor több varianciát magyaráznak a vegyszeres gyomszabályozási változókhoz viszonyítva (30B. ábra).



28. ábra. Az olajtökvetések adatainak elemzése során, az „elővetemény” változót tartalmazó parciális RDA modell ordinációs diagramja. Az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő tíz faj került bemutatásra. (Csak az első tengely szignifikáns, 5%-os szinten).



29. ábra. Az olajtökvetések adatainak elemzésekor feltárt 18 szignifikáns hatású változót és a fajokat tartalmazó csökkentett RDA modell ordinációs diagramjai. Csak az első két RDA tengely mentén legmagasabb súllyal szereplő fajok kerültek bemutatásra.



30. ábra. A parciális RDA elemzés alapján az olajtökvetések gyomfaj-összetételében rejlő összes variancia felosztása tisztán A: környezeti, nem vegyszeres gazdálkodási és vegyszeres gyomszabályozási és B: agrotechnikai, mechanikai és vegyszeres gyomszabályozási változók, illetve azok által közösen magyarázott százalékos varianciarányokra (a környezeti tényezők itt a reziduálisok között vannak).

3.8. A parlagfű előfordulását és tömegességét befolyásoló tényezők a nyárutói gyomnövényzetben

A nyárutói gyomvegetáció kutatása során felvételezett 243 szántó közül 29 esetben egyáltalán nem fordult elő az *Ambrosia artemisiifolia*, 48 alkalommal pedig csak a szegélyekben. A szegélyekben 70% volt a legnagyobb borítási értéke, a szántók belsejében pedig 60%. Átlagos borítása 11,9% volt a szegélyekben és 5% a táblabelsőkben. Térfoglalása szignifikánsan magasabb volt a szegélyekben, mint a szántók belsejében az összes szántó együttes vizsgálatakor, valamint külön-külön elemezve a kukorica- és a napraforgóvetésekben, valamint a tarlókon egyaránt (21. táblázat).

21. táblázat. A parlagfű borítási adatainak összehasonlítása a szegélyek és a táblabelsők között páros Wilcoxon-próba alkalmazásával.

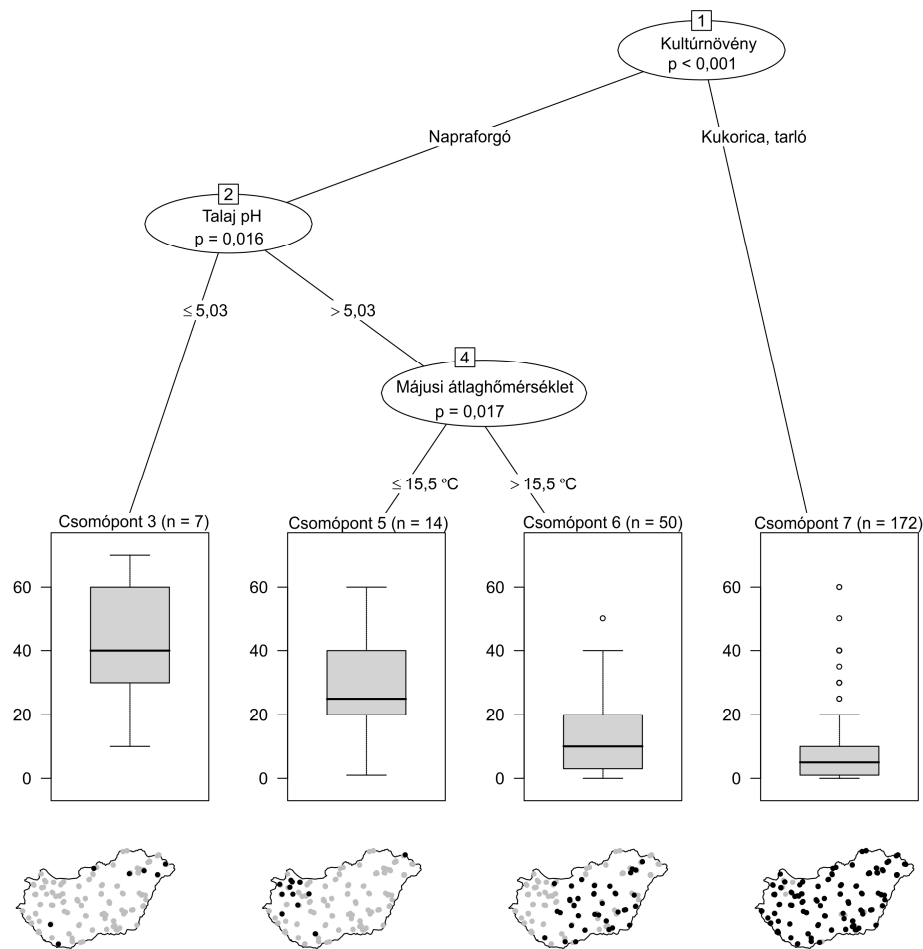
Az adatok tanulmányozott részhalmaza	Próbastatisztika	Szántóföldek száma	<i>p</i> -érték
Minden szántóföld	19094,5	243	$< 2,2 \times 10^{-16}$
Csak kukoricavetések	3487	102	$1,588 \times 10^{-14}$
Csak napraforgóvetések	2016	71	$3,405 \times 10^{-11}$
Csak tarlók	1150,5	70	0,02272

3.8.1. Klasszifikációs és regressziós fák a szántószegélyekhez

A parlagfű borítási értékeinek felhasználásával a kultúrnövény típusa volt a legfontosabb változó. A modell a napraforgóvetéseket leválasztotta a tarlókról és a kukoricáról (31-32-33. ábrák), utóbbi két típus esetén a parlagfű borítása jóval alacsonyabb volt. A napraforgóvetéseknél a következő elágazásokat a talaj pH és az átlagos májusi csapadékösszeg határozta meg. Azokban a napraforgóvetés-szegélyekben volt a legmagasabb parlagfűborítás, ahol a talaj pH 5,03-nál alacsonyabb volt, vagy ennél magasabb érték esetén az átlagos májusi hőmérséklet 15,5 °C-nál hűvösebb volt. A borítási kategóriák alkalmazásakor a talaj káliumtartalma volt a legfontosabb magyarázó változó, a modell azokon a szántókon jelzett nagyobb parlagfű-fertőzöttséget, ahol a K_2O -koncentráció alacsonyabb volt, mint 429 mg (34. ábra). Az ezt követő elágazásokat a földrajzi hosszúság és a táblaméret határozta meg, a legkisebb mértékű fertőzéseket jelezve a 20°13' földrajzi hosszúságnál keletebbre, a 7 ha-nál nagyobb táblákon. A jelenlét/hiány adatok esetében a talaj nátriumtartalma volt az egyetlen szignifikáns változó, a modell szerint a parlagfű kevésbé gyakori azokban a szegélyekben, ahol a Na-tartalom magasabb volt, mint 66,9 mg (35. ábra).

3.8.2. Klasszifikációs és regressziós fák a táblabelsőkhoz

A parlagfű borítási adatainak használata esetén a kultúrnövény borítása volt a legfontosabb változó a szántók belsejében (36. ábra). Azokon a szántókon, ahol a kultúrnövény borítása kisebb volt 31,7%-nál, a fizikai talajféleség határozta meg a következő elágazásokat, nagyobb parlagfű térfoglalást mutatva a homoktalajokon. A 31,7%-nál magasabb kultúrnövény-borítás esetén a tengerszint feletti magasság jelentette a következő elágazást, jelentősebb fertőzést jelezve 220 m felett. A borítási kategóriák használata esetén szintén a fizikai talajféleség volt a legfontosabb faktor, a homoktalajokon itt is nagyobb fertőzöttség volt tapasztalható (37. ábra). Vályog- és agyagtalajok esetében az átlagos áprilisi csapadékösszeg bizonyult a második legfontosabb tényezőnek, erőteljesebb fertőzöttséget azok a területek mutattak, ahol az átlagos áprilisi csapadék nagyobb volt, mint 39 mm. A jelenlét/hiány adatok esetében a talaj káliumtartalma volt a leglényegesebb változó (38. ábra). Azokon a szántókon, ahol a K-koncentráció kisebb volt, mint 279 mg, a talaj mangántartalma volt a második legjelentősebb prediktor. Abban az esetben, ha a Mn-koncentráció nagyobb volt, mint 214 mg, a parlagfű kisebb gyakorisággal fordult elő. Ha a talaj K-koncentrációja magasabb volt, mint 279 mg, az évi csapadékösszeg átlagos mennyisége volt a következő szignifikáns tényező. A parlagfű gyakoribbnak bizonyult azokon a területeken, ahol az évi csapadék mennyisége nagyobb volt, mint 592 mm.



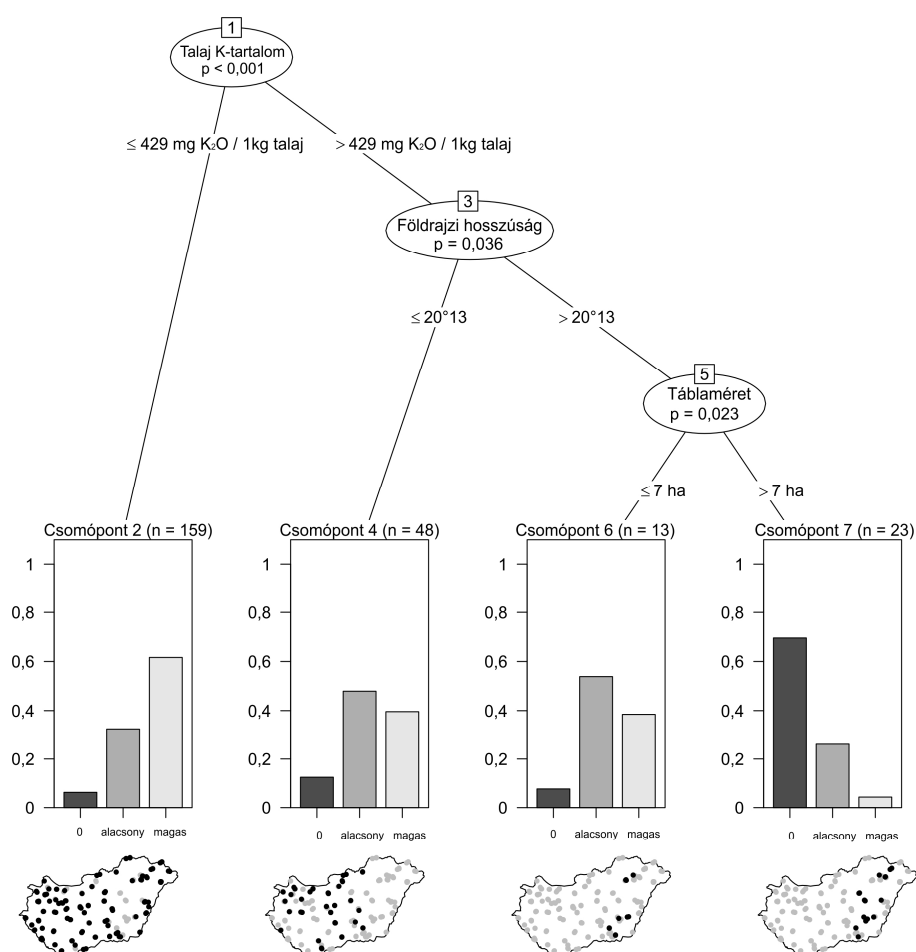
31. ábra. A táblaszegélyekben felvételezett parlagfű borítási értékeinek döntési fa (CART) modellje. Minden egyes elágazásnál fel van tüntetve a szétválasztás alapjául szolgáló változó; az elágazás szignifikanciájának Bonferroni-féle korrigált p-értéke; és azok az értékek, melyeknél a szétválasztás megtörtént. Minden végső csomópontnál láthatóak a megfigyelések száma (n), a válaszváltozók értékei (a függőleges tengelyen; a „box plot” a médiánt, a felső és alsó kvartilist, a maximumot és a minimumot, valamint a kiugró értékeket mutatja), valamint az érintett földrajzi lokalitások (fekete pontok a kis térképeken).



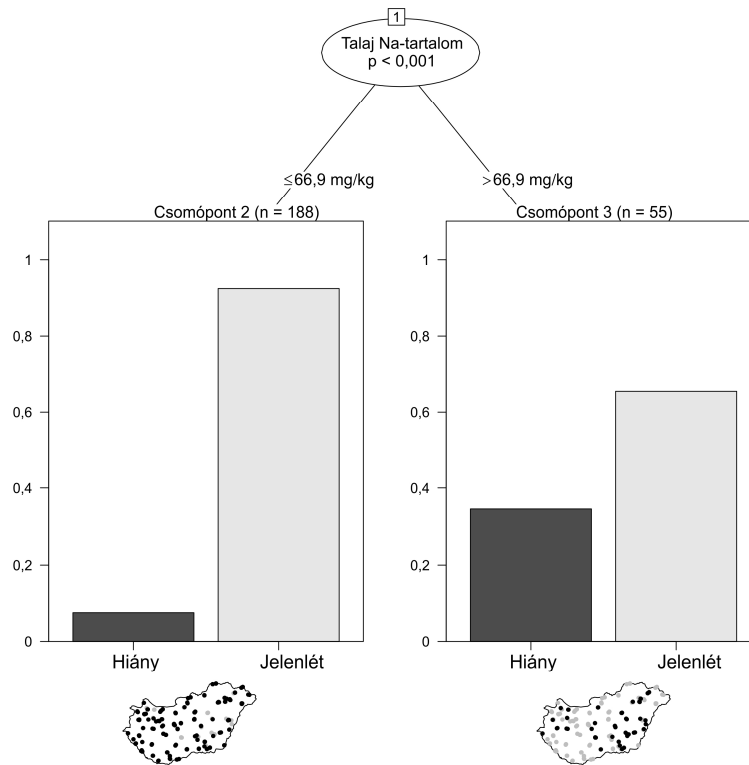
32. ábra. *Ambrosia artemisiifolia* napraforgóvetésben.



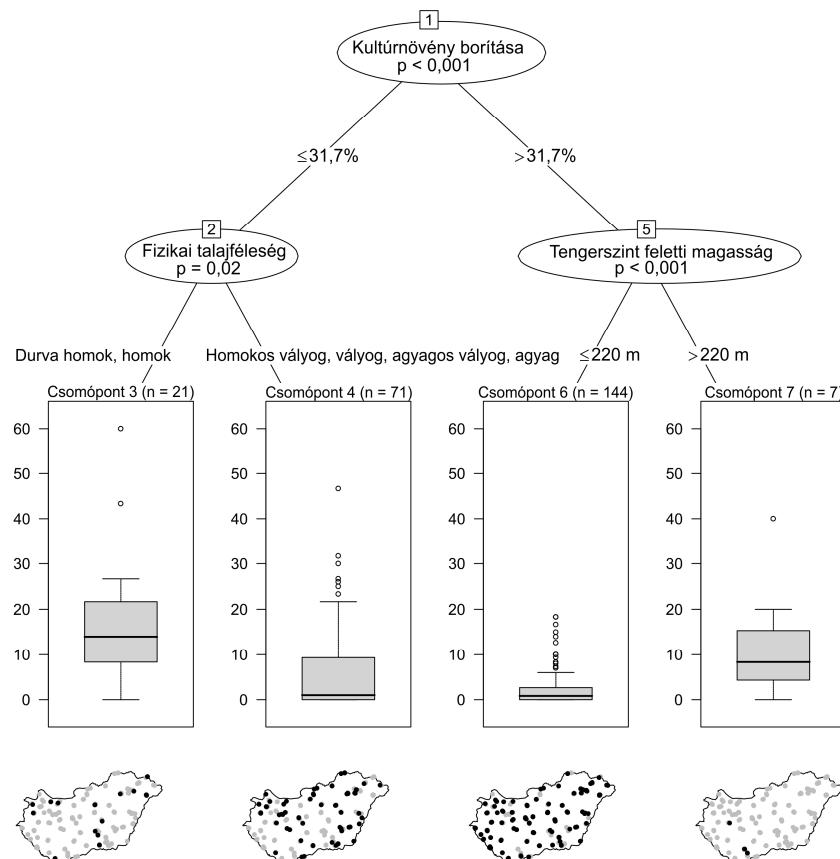
33. ábra. *Ambrosia artemisiifolia* kukoricavetésben (balra) és gabonatarlón (jobbra). (A fotók itt kiugróan erős fertőzöttséget szemléltetnek).



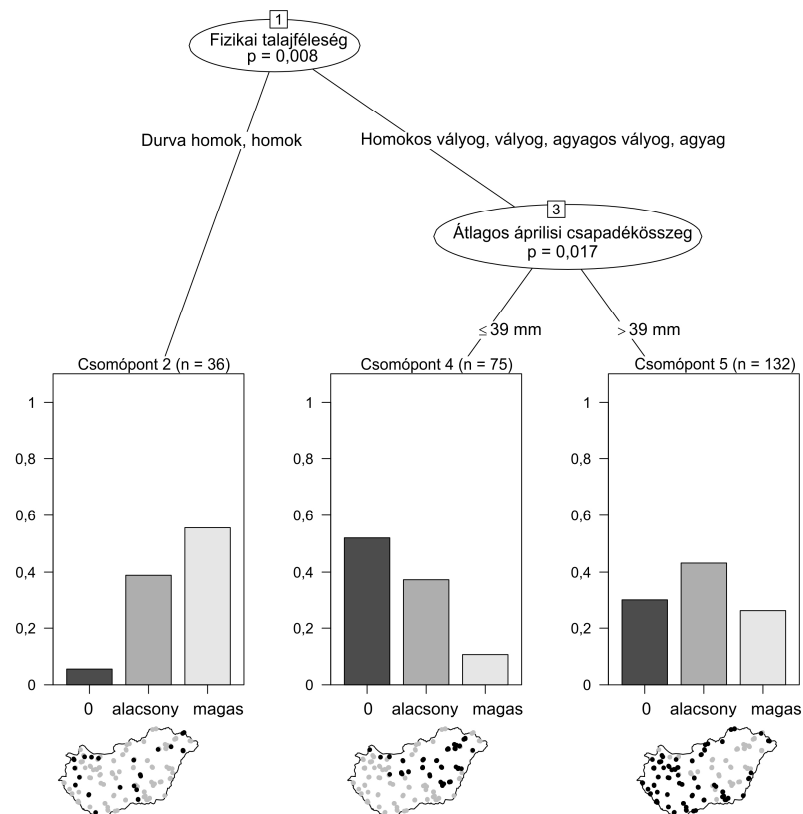
34. ábra. A táblaszegélyekben felvételezett parlagfű borítási érték kategóriáinak döntési fa (CART) modellje: 0 (0), alacsony (< 10%), magas (> 10%). Minden egyes elágazásnál fel van tüntetve a szétválasztás alapjául szolgáló változó; az elágazás szignifikanciájának Bonferroni-féle korrigált p-értéke; és azok az értékek, melyeknél a szétválasztás megtörtént. Minden végső csomópontnál láthatóak a megfigyelések száma (n), a válaszváltozók értékei (az oszlopdiagramok mutatják a megfigyelések arányát a különböző borítási kategóriák esetében), valamint az érintett földrajzi lokalitások (fekete pontok a kis térképeken).



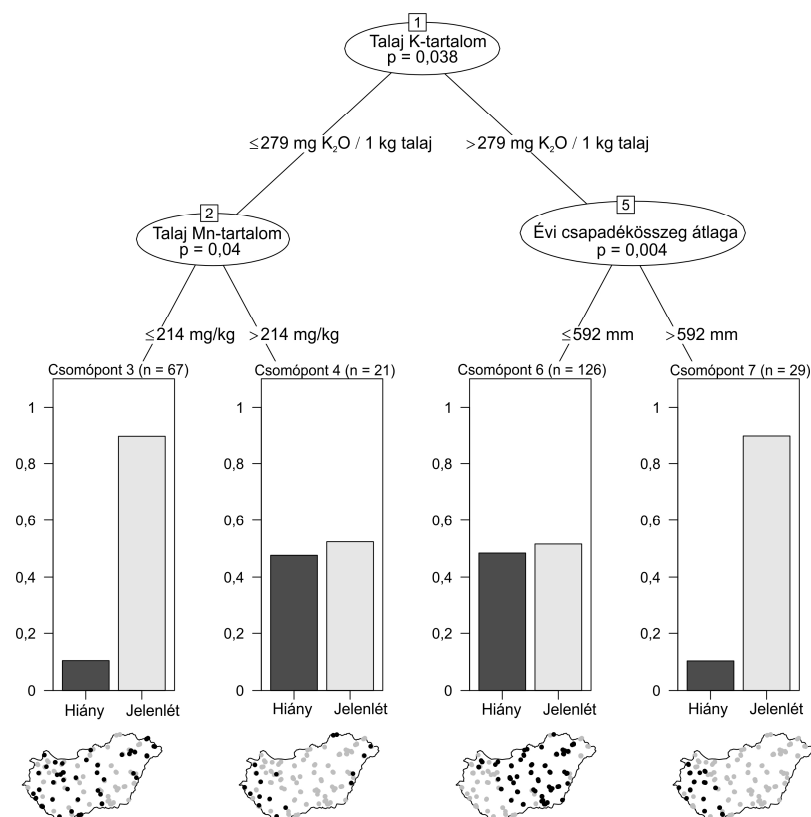
35. ábra. A táblaszegélyekben felvételezett parlagfű jelenlét/hiány adatainak döntési fa (CART) modellje. (A részletek leírását lásd a 34. ábránál).



36. ábra. A táblák belsejében felvételezett parlagfű borítási értékeinek döntési fa (CART) modellje. (A részletek leírását lásd a 31. ábránál).



37. ábra. A táblák belsejében felvételezett parlagfű borítási érték kategóriáinak döntési fa (CART) modellje: 0 (0), alacsony (< 10%), magas (> 10%). (A részletek leírását lásd a 34. ábránál).



38. ábra. A táblák belsejében felvételezett parlagfű jelenlét/hiány adatainak döntési fa (CART) modellje. (A részletek leírását lásd a 34. ábránál).

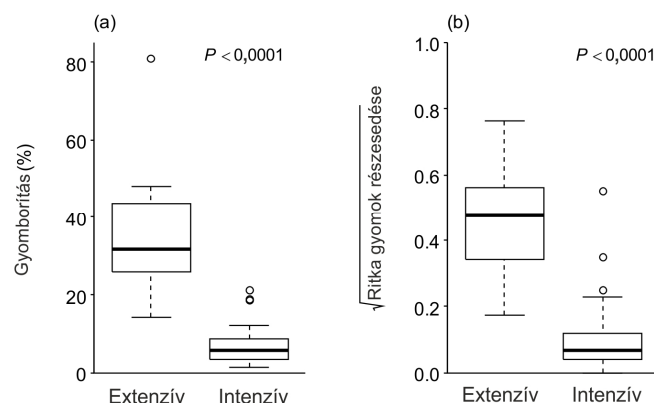
3.9. Ritka gyomnövény jellegszindrómák szántóföldi intenzifikációs gradiensek mentén

3.9.1. Ritka gyomnövény jellegszindrómák keresése kalászos vetésekben

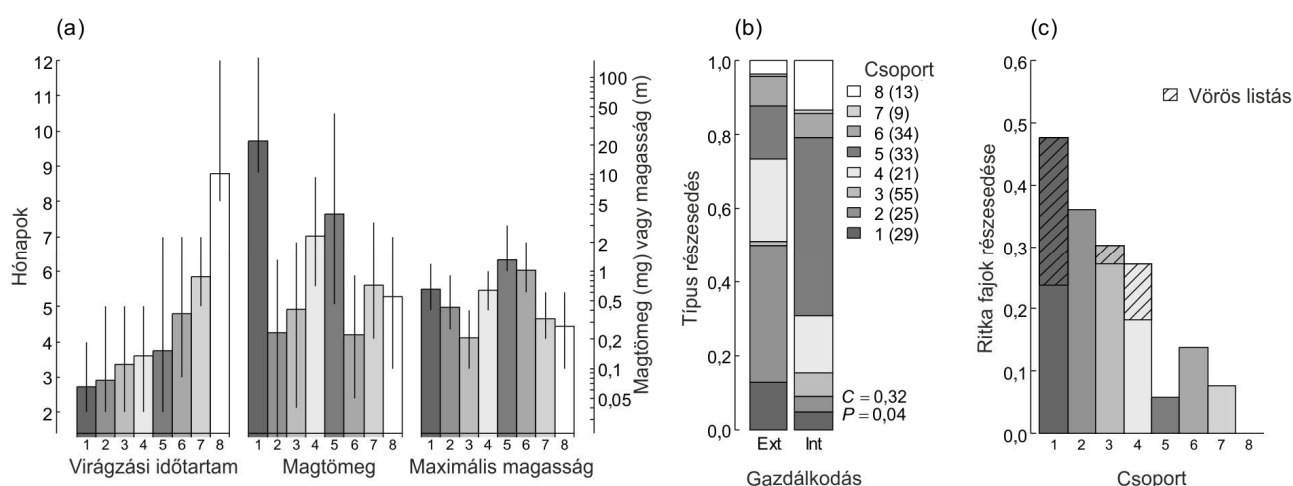
A teljes gyomborítás átlagosan hatszor nagyobb volt az extenzíven, mint az intenzíven művelt vetésekben, a ritka fajok térfoglalásának átlagos hányada 0,22 volt az extenzív és 0,009 az intenzív vetésekben (39. ábra). A jelleg-konvergencia módszer egyetlen szignifikáns összefüggést sem tárt fel. Ugyanakkor a jelleg-divergencia módszere egy olyan nyolc csoportra való osztályozást eredményezett, amely a fajok virágzási időtartamán, maximális magasságán és magtömegén alapult (40a. ábra; $C = 0,32$, $P = 0,04$). A fajok jellegalapú osztályozása nyolc csoportot különített el, ezek közül négy csoport reagált látványosan a gazdálkodási módszerek közötti eltérésekre (40b. ábra): az 1-es és 2-es csoportok sokkal nagyobb részesedéssel szerepeltek az extenzív vetésekben, míg az 5-ös és 8-as csoportok jóval nagyobb arányban részesedtek az intenzíven művelt földeken. Az 1-es és 2-es csoportok rendelkeznek a legrövidebb virágzási időtartammal (2–5 hónapos terjedelem); továbbá az 1-es csoportnak van a legnagyobb magtömege (10–310 mg) is, ezzel szemben a 2-es csoporthoz – mely tulajdonképpen a legszámottevőbb típus az extenzív vetésekben – tartozik az egyik legalacsonyabb magtömeg ($\leq 1,3$ mg). Az intenzív gazdálkodással asszociálódó csoportok között, az 5-ös csoportnak van a legnagyobb maximális magassága (100–300 cm), míg a 8-as csoport esetében a leghosszabb virágzási időszak (8–12 hónap) az egyik legalacsonyabb maximális magassággal (10–60 cm) kombinálódik. Figyelemreméltó, hogy az 1-es és 2-es csoportok tartalmazzák legnagyobb hányadban a ritka fajokat, miközben ezek az 5-ös és 8-as csoportokban a legkisebb részesedéssel bírnak (40c. ábra).

3.9.2. Ritka gyomnövény jellegszindrómák keresése tarlókon

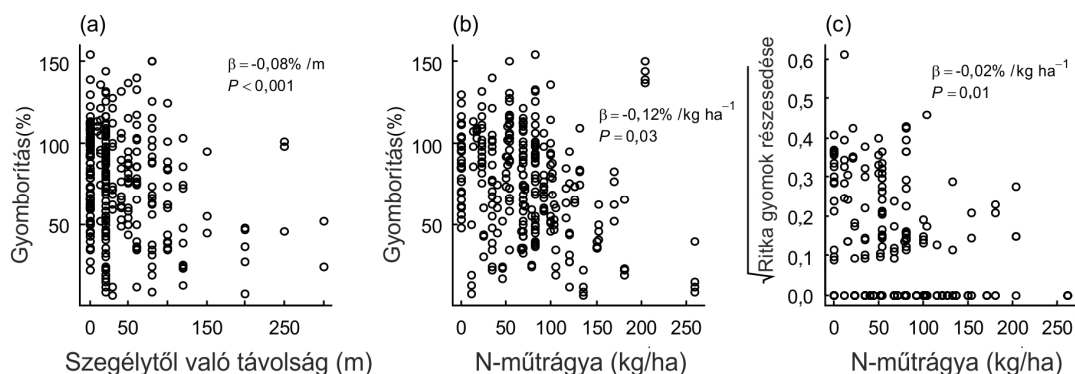
A gyomborításra vonatkozó lineáris modell a szegélytől való távolság ($0,08\% / \text{m}$; $P < 0,001$) és a nitrogénműtrágyák mennyiségének ($0,12\% / \text{kg} / \text{ha}$; $P = 0,03$) negatív hatását mutatta, míg a ritka gyomok részesedésére vonatkozó modell a N-műtrágyára adott csekély mértékű negatív választ ($0,02\% / \text{kg} / \text{ha}$; $P = 0,01$) jelzett (41. ábra). A tarlók esetében sem a jelleg-konvergencia, sem a jelleg-divergencia analízis nem mutatott ki szignifikáns összefüggést a válaszjellegek és a gazdálkodási változók között.



39. ábra. A teljes gyomborítás (a) és a ritka fajok borítási részesedése (b) az extenzív és intenzív művelt kalászos vetésekben. (A „box plot” a mediánt, a felső és alsó kvartilist, a maximumot és a minimumot, valamint a kiugró értékeket mutatja).



40. ábra. Funkciós típusok klasszifikációja a kalászos vetések gyomtársulásaiban a gazdálkodási rendszer vonatkozásában. (a): A nyolc funkciós csoport, melyeket a három jelleg átlagértékei írnak le. A vonalak az egyes csoportokban található terjedelmet mutatják. (b): Az egyes csoportok részesedése az extenzív (Ext) és intenzív (Int) művelt vetésekben. C = korrigált kongruencia érték a jelleg-divergencia mintázat elemzésnek megfelelően. A zárójelekben az egyes csoportokhoz tartozó fajok száma látható. (c): A ritka és vörös listás fajok részesedése az egyes csoportokban.

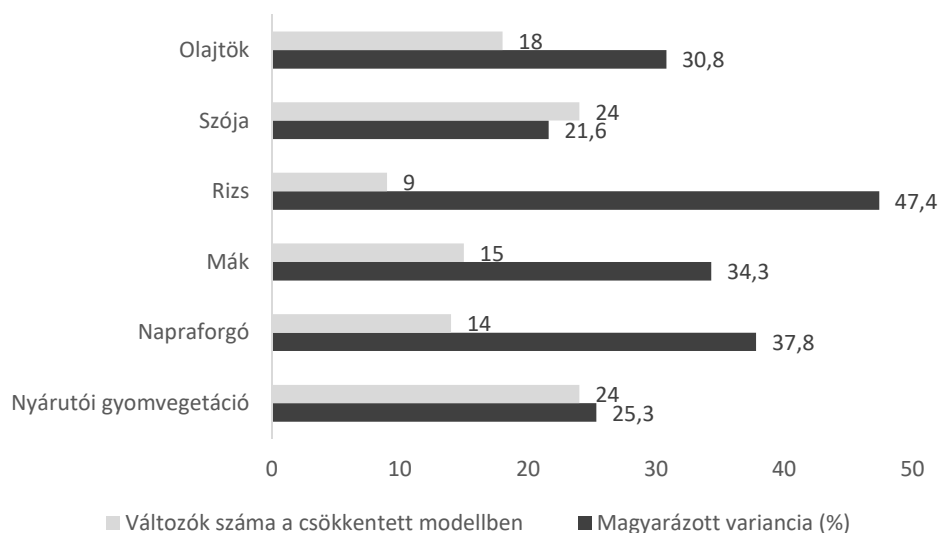


41. ábra. A teljes gyomborítás alakulása a tarlókon a (a) szegélytől való távolság és a (b) N-műtrágyázás függvényében; valamint a (c) ritka gyomok borítási részesedése és a N-műtrágyázás kapcsolata. Minden egyes pont egy kvadrátot reprezentál. β = az ábrázolt prediktorok meredeksége a többszintű modellekből.

4. Diszkusszió

4.1. A csökkentett RDA modellek által magyarázott variancia

A 42. ábrán látható, hogy az értekezés elemzéseiben a csökkentett RDA modellek által magyarázott variancia értékek viszonylag hasonló nagyságrendet mutatnak (21,6% és 47,4% között), és közel állnak a Fried *et al.* (2008) révén Franciaországban (35%), valamint a Tarmi *et al.* (2009) által Finnországban (32,4%) kapott értékekhez. Ezzel szemben, más tanulmányok sokkal kevesebb magyarázott varianciáról tudósítanak, például Silc *et al.* (2009) a Balkánról (3,96%), valamint Lososová *et al.* (2004) Csehországból és Szlovákiából (2,3%). Ezek az alacsony értékek valószínűleg a kevesebb számú vizsgált változónak köszönhetők, miáltal számos fontosnak tűnő környezeti (pl. talajtulajdonságok) és gazdálkodási tényezők (pl. elővetemény és műtrágyák) kimaradtak az elemzéseikből. Lososová *et al.* (2004) és Silc *et al.* (2009) hangsúlyozták, hogy a hatalmas és heterogén adatállományaik (2653 felvétel és 544 faj, illetve 2426 felvétel és 775 faj) nagy mennyiségű zajt eredményeztek (sok faj csak egyetlen felvételben fordult elő), amely végső soron a csekély magyarázott variancia-hányadban is megnyilvánulhatott. Mivel azokat a felvételezéseket nagyszámú, eltérő beállítottságú botanikus végezte több évtizeden keresztül, a zaj felhalmozódása elkerülhetetlen volt.



42. ábra. Az értekezés csökkentett RDA modelljei által magyarázott variancia és a változók száma.

4.2. Abiotikus tényezők

4.2.1. Klimatikus tényezők és tengerszint feletti magasság

A tengerszint feletti magasság hatását a tanulmányozott klimatikus tényezők jelentőségével együtt tárgyalom, mivel szorosan kapcsolódik a lokális topográfiához, és így közvetlenül befolyásolja a mikro- és mezoklimatikus feltételeket. Ezek a változók gyakorlatilag az összes elemzésünkben jelentősen befolyásolták a gyomnövényzet összetételét, ami összhangban van releváns külföldi kutatások (pl. de Mol *et al.* 2015, Kolárová *et al.* 2014, Silc *et al.* 2009, Fried *et al.* 2008, Nowak *et al.* 2015) megállapításaival.

A nyárutói gyomvegetáció adatsorának elemzése feltárta, hogy a hőmérséklet második, a csapadék negyedik, míg a tengerszint feletti magasság hatodik lett a változók fontossági rangsorában (4. táblázat). Franciaországban a klíma és a földrajzi régió kevésbé hangsúlyos befolyása a csapadék és a földrajzi hosszúság összekapcsolódása által volt megfigyelhető (Fried *et al.*, 2008). Hasonló elemzés csehországi és szlovákiai adatokkal a tengerszint feletti magasságot és az ahhoz kapcsolódó klimatikus faktorokat találta a legjelentősebb tényezőknek (Lososová *et al.*, 2004), ugyanakkor Cimalová & Lososová (2009) arra is rámutatott, hogy a klimatikus tényezők fontossága csökkenhet a gradiensük rövidülésével. Az általunk vizsgált terület viszonylag alacsony magassági gradienssel (82-415 m), viszont meglehetősen széles horizontális kiterjedéssel (93 000 km²) jellemezhető. Így a fentebb leírt trenddel összhangban, elemzésünkben a hőmérséklet a tengerszint feletti magasságnál fontosabb magyarázó változónak bizonyult.

A napraforgóvetések esetében a tanulmányozott klimatikus tényezők közül csak az évi átlaghőmérséklet fejtett ki szignifikáns hatást a fajösszetételre, a negyedik legfontosabb



43. ábra. *Xanthium italicum* napraforgóvetésben.

változóként (6. táblázat). A magasabb hőmérséklettel legjobban asszociálódó fajok a *Datura stramonium* és a *Xanthium italicum* (43. ábra) voltak, míg az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Digitaria sanguinalis* az alacsonyabb hőmérséklettel asszociálódtak (7. táblázat). A csapadék hatása nem bizonyult szignifikánsnak. Ennek lehetséges oka abban keresendő, hogy a napraforgó

számára – melegigényessége révén – a hűvösebb és csapadékos hegyvidékeinken nem megfelelőek termesztésének feltételei (Frank, 1999). Ezért a magasabb csapadéértékekkel rendelkező régiók nem képviselték magukat számottevő mértékben az elemzésben, és Cimalová & Lososová (2009) teóriáját alapul véve, a rövidebb csapadék gradiens a változó kisebb befolyásában nyilvánulhatott meg. A nyárutói gyomvegetáció adatainak elemzésekor 470-766 mm, míg a napraforgó esetében 495-695 mm volt az évi csapadékösszeg átlagok terjedelme.

A mákvetések vizsgálata során a klimatikus tényezők közül szintén csak az évi átlaghőmérséklet bizonyult szignifikánsnak és a hatodik legfontosabb változóvá lépett elő (9. táblázat). A *Sorghum halepense* és a *Setaria viridis* asszociálódtak legnagyobb mértékben a magas, míg a *Tripleurospermum inodorum* és a *Mercurialis annua* az alacsony átlaghőmérséklet értékekkel (11. táblázat). A nyárutói gyomvegetáció vizsgálati eredményeihez hasonlítva, a klimatikus tényezők fontosságának viszonylagos kisebb jelentősége leginkább annak a ténynek köszönhető, hogy a magyarországi máktermesztő régióknak meglehetősen hasonlóak a klimatikus jellemzői. A csapadékosabb és hűvösebb hazai régiókban nem termesztene mákot, következésképpen – mint Cimalová & Lososová (2009) rávilágítottak – a rövidebb éghajlati gradiensek általában a klimatikus tényezők alacsonyabb befolyását eredményezik a fajösszetételre.

A szójabetések adatainak elemzése során a hőmérséklet a második, a csapadék pedig a kilencedik lett a prediktorok fontossági rangsorában (14. táblázat). A tengerszint feletti magasság szintén szignifikáns hatásúnak bizonyult, de csak a 13. helyen. A mákvetésekben tapasztaltakhoz hasonlóan itt is a *Sorghum halepense* (44. ábra) asszociálódott leginkább a magas hőmérséklettel (15. táblázat). Gyakran alkotott sűrű állományokat a déli országrészekben, amivel összhangban Follak & Essl (2013) rámutattak, hogy közép-európai elterjedése erősen korrelál a melegebb időjárással. A *Hibiscus trionum* erősen asszociálódott a kisebb csapadéértékekkel és az alacsonyabb tengerszint feletti magassággal (15. táblázat). A keleti országrész számos régiójában ez volt a legnagyobb térfoglalású gyomnövény a szójabetésekben. Már Ujvárosi (1973a) is inkább az alföldi területekre jellemző, melegkedvelő gyomként ismertette, és felhívta a figyelmet arra, hogy magjai egész nyáron



44. ábra. *Sorghum halepense* szójabetésben.

folyamatosan csíráznak. A felvételezésünk során meginterjúvolt gazdálkodók a folyamatos előretörésben lévő faj sikerességének okát szintén abban látták, hogy a gyomszabályozási munkálatok elvégzése után újabb és újabb populációi csíráznak ki. Az elemzésünk által is sugallt szárazságtűrését Chachalis *et al.* (2008) vizsgálatai ugyancsak alátámasztották, akik megállapították, hogy a csírázó *H. trionum* magok toleránsak voltak az alacsony vízpotenciállal szemben, és a faj vízhiányos körülmények közepette is képes terhes gyomként fellépni.

Az olajtökvetésekben a csapadék és a hőmérséklet bizonyultak a gyomösszetételt meghatározó legjelentősebb faktoroknak (18. táblázat). Ez leginkább annak köszönhető, hogy az északi és nyugati olajtöktermesztő régiók hűvösebbek és csapadékosabbak voltak, mint a melegebb és szárazabb dél-keleti tájak. Ezt a jelenséget itt is nyomon követhetjük a 19. táblázatban azonosított, legjellemzőbb termofil (pl. *Hibiscus trionum* és *Datura stramonium*), valamint a hűvösebb-csapadékosabb területekre karakterisztikus fajok (pl. *Chenopodium polyspermum* és *Setaria pumila*) elterjedési mintázatában. Ugyan a tengerszint feletti magasság multikollinearitás miatt kiesett az ide vonatkozó elemzésünkéből, valószínűleg közvetve felerősítette a klimatikus tényezők hatását, mivel a dél-keleti régiókban csak síkvidéki, ellenben nyugaton és északon dombvidéki és középhegységi tájakon is folyt az olajtök termesztése.

Az *Ambrosia artemisiifolia* előfordulását és tömegességét vizsgáló CART modellek rámutattak, hogy a táblák belsejében, a nagyobb agyagtartalommal rendelkező talajokon az átlagos áprilisi csapadékösszeg szignifikáns prediktornak bizonyult, erősebb fertőzéseket jelezve a nedvesebb (áprilisi csapadék > 39 mm) területeken (37. ábra). Ez nyilvánvalóan a parlagfű termések és csíranövények nedvességigényével van kapcsolatban, mivel a faj csírázásának hazai csúcsidőszaka áprilisra és májusra tehető (Kazinczi *et al.*, 2008a). Az évi csapadékösszeg átlaga szintén fontos volt, gyakoribb előfordulásokat jelezve 600 mm-nél több csapadék esetén (38. ábra). Ugyanakkor a májusi átlaghőmérséklet is jelentősnek bizonyult a napraforgóvetések szegélyében, erőteljesebb fertőzéseket jelezve a hűvösebb (< 15,5 °C) régiókban (31. ábra). Ezek az eredmények összhangban vannak Ujvárosi (1973a) korábbi megfigyeléseivel, miszerint a parlagfű Magyarország nyugati, hűvös és csapadékos területein tömegesen tenyészik. Bár a parlagfű hőigénye viszonylag magas, a növény nem versenyképes az olyan területeken, ahol száraz és forró nyarak jellemzőek (Chauvel *et al.*, 2006). Ugyanakkor a szomszédos Ausztriában – ahol jelentős kiterjedésű olyan mezőgazdasági területek vannak, melyek éppen csak túlságosan hűvösek a parlagfűnek – azt állapították meg, hogy a növény elterjedése nem a csapadékviszonyokkal, hanem a hőmérséklettel, nevezetesen a legmelegebb, júliusi átlaghőmérséklettel van a legszorosabb összefüggésben (Essl *et al.*, 2009).

Hasonlóképpen, Csontos *et al.* (2015) azt figyelték meg, hogy a növény kezdeti megtelepedése Lengyelországban rendszerint meleg mikroklímájú élőhelyeken valósul meg. Eredményeink szerint, bizonyos talajtípusokon a parlagfű fertőzés mértéke kisebb a 20°13' földrajzi hosszúságnál keletebbre eső területeken (34. ábra). Ezekben a régiókban nagyon kötött talajok jellemzőek, száraz időjárási viszonyokkal kombinálva, melyek nem kedveznek a parlagfű ökológiai igényeinek (Ujvárosi, 1973a). Bizonyos feltételek között a 220 m-nél magasabb tengerszint feletti magasság is nagyobb parlagfű fertőzéssel járt együtt, ami valószínűleg a magasabb csapadéértékkel volt összefüggésben (36. ábra). Esetünkben a legmagasabban fekvő szántóterület csupán 415 m-en helyezkedett el, így még nem érvényesült a magasabb fekvéssel együtt járó alacsonyabb hőmérséklet – a faj előfordulásának szempontjából – korlátozó befolyása (Essl *et al.*, 2009).

A klimatikus viszonyoknak a gyomok elterjedésére gyakorolt hatásait elemezve általában megállapítható, hogy hazánkban ezek jelentősek és közülük a termikus tényezők – mint amilyen a hőmérséklet – többnyire nagyobb befolyással bírtak a gyomokra a – tanulmányainkban a csapadék által reprezentált – higrikus viszonyoknál. Ez a tendencia megegyezik a termesztett növények fejlődésének meteorológiai feltételeire vonatkozó hazai kutatási eredményekkel (Varga-Haszonits *et al.*, 2006, Enzsölné *et al.*, 2011).

4.2.2. Edafikus tényezők

A nyárutói gyomvegetáció tanulmányozása során, a talajparaméterek közül a talajkötöttség, a kémhatás, valamint a nátrium- és káliumkoncentráció (4. táblázat), míg a napraforgóvetésekben a talaj magnézium- és kalciumtartalma kerültek a lefontosabb prediktor változók közé (6. táblázat). A napraforgóban a *Xanthium italicum* és a *X. strumarium* válaszoltak legerősebben a magas, míg a *Chenopodium album* és a *Digitaria sanguinalis* az alacsony Mg-koncentrációra. A Ca-tartalomra az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Convolvulus arvensis* adták a legerősebb pozitív választ, míg az *Echinochloa crus-galli* és a *Xanthium italicum* az alacsony koncentrációval asszociálódtak (7. táblázat).

A mákvetések gyomnövényzetének fajösszetétele szempontjából a talaj kötöttsége bizonyult a harmadik legfontosabb tényezőnek (9. táblázat). A kötöttebb talajok jellemző gyomnövényei voltak a *Chenopodium album* és az *Echinochloa crus-galli*, míg a *Papaver rhoeas* és a *Consolida regalis* a lazább talajokat indikálták (11. táblázat). Mindazonáltal ezen fajok egyike sem mondható tipikus agyag- vagy homok-indikátornak, amely feltételezhetően

annak a ténynek tulajdonítható, hogy a mákvetések termesztése többnyire a vályogtalajokra koncentrálódik. A mák ugyanis nem termeszthető a szélsőséges homok- és agyagtalajokon (Meakin, 2007). Szintén a mák szűk ökológiai tűrőképességének lehet köszönhető, hogy a talaj pH hatása nem bizonyult szignifikánsnak. Eredményeink azt is sugallták, hogy a talaj magnéziumtartalma szignifikánsan asszociálódott a mák gyomflórájában kimutatható eltérésekkel (9. táblázat). A *Fallopia convolvulus* (45. ábra) és az *Avena fatua* adták a legerősebb választ a magas, míg a *Chenopodium album* és a *Polygonum aviculare* (45. ábra) az alacsony Mg-koncentrációra tették ugyanezt. A talaj kalciumtartalma szintén szignifikáns hatású volt. A gyomfajok, melyek a legerősebb választ adták erre a tényezőre a következők voltak: a *Polygonum aviculare* és a *Mercurialis annua* a magas, míg a *Hibiscus trionum* és a *Portulaca oleracea* az alacsonyabb Ca-koncentrációt indikálták (11. táblázat).



45. ábra. *Fallopia convolvulus* (balra) és *Polygonum aviculare* (jobbra) mákvetésben.

A szója gyomnövényzetének összetételét szignifikánsan befolyásolta a talajkötöttség, a pH, valamint a Ca-, K-, Na- és humusztartalom is (14. táblázat). A legfontosabb gyomnövényeket tekintve, a *Chenopodium album* a bázikus talajokkal és magas káliumtartalommal asszociálódott; az *Echinochloa crus-galli* a kalciumban szegény, kötöttebb talajokat jelezte; az *Ambrosia artemisiifolia* került a káliumban, de előnyben részesítette a kalciumban gazdag talajokat; míg a *Cirsium arvense* tömegesebb volt a lazább talajokon és tolerálta a magasabb nátriumtartalmat (15. táblázat).

Az olajtökvetésekben a talaj Mg-, K-, Ca-, P- és humusztartalma, valamint a pH-ja is fontos tényezőnek bizonyult a gyomösszetétel kialakulásában (18. táblázat). A legfontosabb gyomok tekintetében, a *Chenopodium album* a magas K-, az *Echinochloa crus-galli* az alacsony Mg-, míg a *Cirsium arvensis* a magas Ca-koncentrációval és alacsony humusztartalommal asszociálódott (19. táblázat). A talaj kötöttségének nem szignifikáns jelentősége valószínűleg ugyancsak a rövidebb gradiensével van összefüggésben. Nevezetesen, a nagyon laza homok,

vagy a túlságosan kötött agyagtalajok nem alkalmasak az olajtök termesztésére (Farkas, 2015), aminek következtében ezek a talajtípusok meglehetősen alulreprezentáltak voltak a felvételezésünk során.

Az *Ambrosia artemisiifolia* tömegességét vizsgáló CART modellek szerint a táblák belsejében a fizikai talajféleség volt az egyik legfontosabb tényező, miszerint nagyobb mértékű fertőzést mutattak a homoktalajok (36. és 37. ábrák). Franciaországban szintén homoktalajokon észlelték leggyakrabban az *A. artemisiifolia* populációkat (Fumanal *et al.*, 2008b). A talaj kémhatása szintén szignifikáns volt a napraforgóvetések szegélyében, legnagyobb parlagfű térfoglalást jelezve abban az esetben, ha a talaj pH kisebb volt 5-nél (31. ábra). Ez összhangban van a növénynek a hazai irodalomból már korábban ismert edafikus preferenciájával, miszerint legjobban savanyú homokon tenyészik (Ujvárosi, 1973a; Szigetvári & Benkő, 2008). A talaj magas Na-koncentrációja szintén szignifikánsan alacsonyabb mértékű parlagfű előfordulást indikált a szántók szegélyében (35. ábra). Eredményeink azt mutatják, hogy a talaj káliumtartalma ugyancsak nagyon fontos változó a táblák belsejében és szegélyében egyaránt. A magas K-koncentráció kissé gyengébb fertőzésekkel társult a szegélyekben. A talaj nagyobb mangántartalma szintén szignifikánsan alacsonyabb gyakoriságú parlagfű előfordulást jelzett (34. és 38. ábrák).

Az általunk vizsgált kultúrnövények és a parlagfű edafikus tűrőképességével összefüggésben fentebb leírt észrevételeken túlmenően, általánosságban elmondható, hogy a talajtani tényezőkkel kapcsolatban tett megállapításaink összhangban vannak a cönológia és vegetációtan széles körben elfogadott, ide vonatkozó törvényszerűségeivel. Közép-Európában a talaj pH és a csapadék gradiense gyakran egymással összekapcsolódva hat a gyomtársulások összetételére, általában a száraz területek bázisokban gazdag talajain és a csapadékosabb régiók savanyú talajain kifejlődő gyomtársulások élesen elkülöníthetők egymástól (Hüppe & Hofmeister, 1990). Ezt a jelenséget egyes kultúrák esetében saját elemzéseink is igazolták (10., 24. és 29. ábrák). Általánosan elfogadott, hogy a talajkötöttség nagyban meghatározza a talaj legfontosabb tulajdonságait és jelentősen befolyásolja a kultúrnövények növekedését és a gyomok elterjedését (Hofmeister & Garve, 1998). Franciaországban a talaj kémhatásának és kötöttségének befolyása fonódott össze, a bázikus agyagtalajok és a savanyú homoktalajok gyomtársulásai jelentősen különböztek (Fried *et al.*, 2008). Hasonló differenciálódás nálunk leginkább a szójavetésekben volt megfigyelhető (24. ábra). A magas Na-koncentráció általában a talaj szikesedéséhez vezet, amely hátrányosan befolyásolja a talaj szerkezetét és termékenységét, így jelentős abiotikus korlátozó tényező lehet számos növényfaj, köztük –

miképpen kutatásunk rámutatott – az *A. artemisiifolia* számára is. Az *A. artemisiifolia* populációi más tanulmányok szerint is kevésbé tűrik a szikes körülményeket (DiTommaso, 2004). Eredményeink jelzik, hogy a talaj káliumtartalma is szignifikáns mértékben asszociálódott a gyomtársulások közötti különbségekkel, pl. az *A. artemisiifolia* is negatív K-jelzőnek mutatkozott a nyárutói gyomvegetáció és a szójabetések tanulmányozása során. Holzner (1971) szerint az alacsony K-tartalom indikátorai általában savanyúságkedvelők is egyben, valamint Andreasen *et al.* (1991) szintén kimutatták, hogy a növekvő K-koncentráció negatív hatással van néhány gyomnövény előfordulására. A magnézium ugyancsak befolyásolta a gyomfajok előfordulását olaszországi (Otto *et al.*, 2007) és dániai (Andreasen & Skovgaard, 2009) szántóföldeken is. A gyomflóra talaj Mg-tartalmával való asszociálódása komplex talajkémiai reakciók növényi funkciókkal történő összekapcsolódásának lehet az eredménye, vagy valamelyik másik talajtulajdonsággal történő korrelációnak köszönhető, melyek további kutatásokat igényelnek. A homok- és erősen meszes talajok általában kevesebb magnéziumot tartalmaznak és a nagyobb dózisú műtrágyák szintén okozhatnak Mg hiányt (Bohn *et al.*, 1979; Kalocsai 2006). Elemzéseink során az *A. artemisiifolia* negatív mangán indikátornak is mutatkozott. Andreasen *et al.*, (1991) vizsgálata szintén rámutatott, hogy ez az elem hatással lehet egyes gyomok elterjedésére, de ennek hátterére nem sikerült magyarázatot találni. Ugyan a Mn-tartalom általában magasabb a savanyú és vizenyős helyeken (Bohn *et al.*, 1979), korábbi felméréseink azt sugallták, hogy az *A. artemisiifolia* kiválóan tenyészik az ideiglenesen vízállásos szántóföldeken is (Pál *et al.*, 2006). A kalcium – melynek koncentrációját a talaj pH is befolyásolja – előnyös a talajszerkezet és termékenység szempontjából. Az *A. artemisiifolia* CART elemzéseinkben kimutattott, savanyú talajokon való jelentősebb abundanciája összeegyeztetetlennek tűnik a kalciummal szemben mutatott pozitív korrelációjával a napraforgó- és szójabetésekben; a savanyú talajokra ugyanis potenciális kalciumhiány jellemző. Ez talán azzal magyarázható, hogy ugyan a parlagfű nagyobb tömegessége ezekben a kultúrákban a magasabb Ca-tartalomhoz kapcsolódott, de annak koncentrációja a tanulmányozott talajok gradiense mentén nem volt limitáló faktor a faj előfordulása szempontjából. Az *A. artemisiifolia* feltehetően erősen versenyképes számos talajtényező jelentős hosszúságú gradiense mentén, mint például ezt a nitrogén esetében jól dokumentálták (Leskovsek *et al.*, 2012). White & Greenwood (2013) szerint az esszenciális elemek növények általi felvehetőségét gyakran meghatározza a talaj kémhatása, a növények kálium igénye közvetlenül kapcsolódik a nitrogén igényükhöz, a kalcium szükséglet általában magasabb a meszes talajokon honos fajoknál, valamint a növények jelentősen különböznek nátriumtűrő képességükben.

4.3. Szegélyhatás

A hely-kontextus tényezők közül a tengerszint feletti magasság vonatkozásait a klimatikus változóknál tárgyalom. Az ebben a fejezetben megvitatott szegélyhatás az abiotikus és gazdálkodási körülményekkel is szoros összefüggésben van.

A nyárutói gyomvegetáció tanulmányozása során a mintavétel helye volt a legfontosabb változó (4. táblázat) és azt is sikerült feltárnunk, hogy a gazdálkodási tényezők gyomflórára kifejtett relatív hatása nagyobb volt a táblabelsőkben, mint a táblaszegélyekben (11. ábra). A szójavetésekben is a mintavétel helye bizonyult a legnagyobb befolyású prediktor változónak (14. táblázat), annak ellenére, hogy az ezt az egy tényezőt tartalmazó „hely-kontextus” csoport rendelkezett a legalacsonyabb magyarázott varianciarányaddal (25. ábra). Ez jelzi, hogy a szegélyek és táblabelsők gyomösszetétele jelentősen különbözött a szójaállományokban is. A legtöbb gyomnövény a szegélyekben nagyobb tömegességgel fordult elő, és csupán két árvakelésű kultúrnövény, a napraforgó és a kukorica mutatkoztak jelentősebb térfoglalásúnak a táblabelsőkben (15. táblázat). Vizsgálatunk azt mutatta, hogy az *A. artemisiifolia* adott legerősebb választ a mintavételi hely változóra, és gyakran jelentős térfoglalású állományokban tenyésztett a szójaföldek periférikus zónáiban. A parlagfű abundanciáját vizsgáló specifikus tanulmányunk is kimutatta, hogy a parlagfű térfoglalása szignifikánsan nagyobb a kukorica- és napraforgóvetések valamint tarlók szegélyében, a szántók belsejéhez viszonyítva (21. táblázat). Továbbá igazolást nyert, hogy a tarlókon a szántók belseje felé haladva egyre kisebb a gyomok borítása (41. ábra).

A fajokban leggazdagabb gyomvegetáció általában a szántók szegélyében fejlődik ki. A fajsza és a talajok magkészlete a szántóföld belseje felé haladva jelentősen elszegényedik. A jelenség legfontosabb okai, hogy a szegélyekben a fényviszonyok sokkal kedvezőbbek, mint a kultúrállomány által leárnyékolott táblabelsőkben; a szegélyekben az agrotechnikai munkák hatásfoka általában csökken, így többek között gyakran kevesebb herbicidet és műtrágyát juttatnak ki ezekre a területekre; nagyobb a talaj tömörödöttsége; nagyobb a fás növények gyökérkompetíciója; kifejeződik a szegélynövényzet árnyékoló hatása; továbbá nagyobb a hőmérséklet és a légnedvesség ingadozása. Gyakran a magas gyomborítást okolják a szegélyek alacsonyabb terméshozama miatt, aminek valójában a fent felsorolt okok miatt a kevésbé kompetitív kultúrnövény a magyarázata (Pinke & Pál, 2005). Azok a felmérések, melyek a gyomfajok eloszlását vizsgálták a szántóföld szegélyektől való távolság függvényében, kimutatták, hogy majdnem kizárólag az összes ritka, illetve veszélyeztetett gyomnövény előfordulása csak néhány méter szélességben, a szántószegélyekre korlátozódik (Wilson &

Aebischer, 1995; Fried *et al.*, 2009b; Seifert *et al.*, 2015). Vizsgálatunk ugyanakkor arra is rámutatott, hogy egyes agresszív gyomnövények, mint pl. az *A. artemisiifolia* ugyancsak kihasználhatják a kedvezőbb fényviszonyokat és az alacsonyabb herbicidterhelést, következésképpen jelentős tömegben léphetnek fel ezeken az élőhelyeken.

Az olajtökvetések elemzése során is bekerült a szignifikáns prediktorok közé a mintavételi hely, de míg a szójában a legfontosabb volt, itt csak a 15. helyen állt a változók rangsorában. Ennek valószínűleg az lehet a kézenfekvő magyarázata, hogy a töknövény alacsonyabb termete és az általában kisebb növénytűsűrűségek miatt nem volt olyan éles különbség a szegélyek és a táblabelsők fényviszonyai között, mint a magasabb és általában sűrűbb szójaállományokban, ahol sokkal erősebb a fényért való versengés. Mint fentebb felvázoltam, a szegélyek irányába csökkenő mértékű gazdálkodási intenzifikáció is okozhat eltéréseket a táblabelsők és szegélyek gyomösszetételében. Ugyanakkor az olajtökvetésekre jellemző kisebb volumenű kemizáció mérsékelheti ezt a jelenséget.

A szántókat körülvéő egyéb antropogén és fél-természetes növényzet hatása szintén szignifikánsnak mutatkozott a nyárutói gyomvegetációt tanulmányozó vizsgálatunk során. Nem meglepő módon, a szomszédos élőhely nagyobb varianciahányadot magyarázott a szegélyekben, mint a táblák belsejében. A szomszédos élőhely nyilvánvalóan betelepülő fajok forrásaként szolgál, miáltal befolyásolja az egyes szegélyek kompozícióját. A szomszédos élőhelyekről egyes évelő fajok akár vegetatív módon is benyomulhatnak a szegélyekbe. Ezenfelül, a környező vegetáció további közvetlen hatásokat is kifejthet a táblaszegélyek kultúr- és gyomnövényzetére. Például az erdősávok nedvesebb mikroklímája és árnyékoló hatása kedvezőbb körülményeket teremt az árnyéktűrő fajoknak. Jose-Maria *et al.* (2011) azt is megállapították, hogy a környező táj hatása kimutatható a szegélyek életformaspektrumában. Más tanulmányok arra is rávilágítottak, hogy helyi léptékben a művelt területek gyomdiverzitása magasabb volt abban az esetben, ha a környező táj nagyobb heterogenitást mutatott (Guerrero *et al.*, 2010; Gaba *et al.*, 2010; Kovács-Hostyánszki *et al.*, 2011). A komplex tájak általában sokkal diverzebbek nem szántóföldi művelés alatt álló élőhelyekben, mint például sövényekben, gyepekben, ruderalis foltokban és parlagokban, melyek menedéket nyújthatnak ritka gyomnövényeknek (Gabriel *et al.*, 2005; Roschewitz *et al.*, 2005).

4.4. Gazdálkodási tényezők

4.4.1. Kultúrnövény típusa

A nyárutói gyomvegetáció egészét vizsgáló tanulmányunkban a kultúrnövény típusa bizonyult a harmadik legfontosabb magyarázó változónak, mindazonáltal ez volt az egyetlen gazdálkodási tényező a legjelentősebb tíz faktor között (4. táblázat). Számos korunkbeli európai elemzés azt mutatta, hogy a szántóföldi gyomtársulások fajösszetételét meghatározó legfontosabb tényező a kultúrnövény típusa (Fried *et al.*, 2008; Andreasen & Skovgaard, 2009; Cimalová & Lososová, 2009; Meiss *et al.*, 2010). Lososová *et al.* (2004) két fő kategóriáját különítette el a kultúrnövény típusának, nevezetesen a gabonákat (gabonák, fiatal parlagok, takarmánynövények, kukorica, tarló és olajrepce) és a gyökérnövényeket (gyökérnövények, zöldségek, szőlő és egyéb). Elkülönítésük az alapján történt, hogy míg a gabonákat a vegetációs periódusban nem éri mechanikai bolygatás, addig a gyökérnövényeket gyakran kapálják, kultivátorral művelik vagy gyomlálják. Fried *et al.* (2008) megjegyezték, hogy ez meglehetősen robosztus osztályozásnak felel meg, hiszen évelő és egyéves, különböző időszakokban vetett kultúrnövények kerültek ugyanazon kategóriákba. A kultúrnövény típusát leíró ilyen tágan értelmezett osztályozás használata a kötött ordinációs modellekben alulbecsülheti a kultúrnövény valódi hatását a gyomok fajösszetételére. Ezért elemzésünkben, a hazánkban Paládi-Kovács (2001) nyomán általánosan elfogadott gabonák (kalászosok) és szántóföldi kapáskultúrák kategóriákat használtuk. Elsősorban a talajművelés, valamint a vetés eltérő időpontjai határozzák meg a gabona- és kapásvetések gyomfajösszetétele közötti különbségeket (Ujvárosi, 1973b). Mindazonáltal, a változók rangsora arra utal, hogy maga a kultúrnövény típusa is fontosabb lehet, mint a vetésidőszak (4. táblázat). A gyomtársulások összetételét nem csupán a vetésidőszak határozza meg, de más, az adott kultúrához specifikusan kapcsolódó gazdálkodási tényezők, mint pl. a herbicidek is befolyásolhatják. Sajnos, a herbicidek nagy változatossága (53 különböző aktív hatóanyag), nem tette lehetővé, hogy megvizsgáljuk hatásukat a több kultúrát is felölelő nyárutói gyomvegetáció fajösszetételére. Doucet *et al.* (1999) szerint a kultúrnövény intrinzikus tulajdonságai és a hozzá kapcsolódó gazdálkodási módszerek szorosan összekapcsolódnak és mindkettőnek erős befolyása van a gyomokra. Például a vetésidőszak, herbicidek, aratás ideje, műtrágyázás és öntözés egyaránt hatnak a kultúrnövény növekedésdinamikájára és ezáltal befolyásolják a kultúrnövény-gyomnövény kompetíciót is. Esetünkben élőhelyi jellegzetességek is hozzájárulhattak a kultúrnövénytípusok okozta eltérésekhez a fajösszetételben, nevezetesen az általában sűrű kukorica- és

napraforgóvetések leárnyékolják a gyomok élőhelyét, ezzel szemben a tarlók napfényben gazdag körülményeket biztosítottak.

A mákvetésekben ugyanakkor a kultúrnövény elsősorban a vetésidőszak révén bizonyult a legfontosabb változónak (9. táblázat). A vetésidőszak ugyanis meghatározta a termesztési célt is, hiszen az alkaloida fajtákat mindig tavasszal, míg az étkezési fajtákat ősze vetették el. Ez az eredmény összhangban van más jelenkori európai tanulmányokkal, melyek szerint a kultúrnövény vetésének ideje (ősze vagy tavasszal) befolyásolja legnagyobb mértékben a szántóföldi gyomvegetáció fajösszetételét. Mint már fentebb is utaltam rá, különösen a vetéshez kapcsolódó talajművelések és maga a vetés eltérő időpontjai indukálhatják a különböző gyomtársulások kifejlődését (Fried *et al.*, 2008). Eredményeink azt sugallják, hogy a nyári egyévesek, mint pl. a *Chenopodium album* és az *Echinochloa crus-galli* asszociálódtak legnagyobb mértékben a tavaszi vetésű alkaloida mákkal, míg a téli egyévesek, mint pl. a *Papaver rhoeas* és a *Descurainia sophia* inkább az őszi vetésű étkezési mákkal társultak (10. táblázat).

Az *Ambrosia artemisiifolia* előfordulását és tömegességét befolyásoló tényezők vizsgálata azt mutatta, hogy a napraforgóvetésekben volt legerősebb a fertőzése (31. ábra). Ennek egyik legfontosabb oka abban keresendő, hogy mindkét faj az *Asteraceae* növény családjának tagja. Abban az esetben, ha a kultúrnövény és a gyomnövény is ugyanazon növény családba tartozik, jelentősen lecsökkenhet az adott gyomfaj vegyszeres gyomszabályozásának hatékonysága (Kazinczi *et al.*, 2008b). Hasonló okokra vezethető vissza, hogy felvételezéseink során a *Papaver rhoeas* bizonyult a mák legfontosabb gyomnövényének, és hogy a gabonavetések esetében jelentősen előretörték a gyompázsitfüvek az elmúlt évtizedekben (Pinke & Pál, 2005).

4.4.2. Elővetemény

Azok az eredményeink, miszerint a napraforgó, a mák, és az olajtök gyomflóráját szignifikánsan befolyásolta az elővetemény, teljes összhangban vannak Hanzlik & Gerowitt (2011) németországi, Fried *et al.* (2008) franciaországi valamint Bohan *et al.* (2011) britanniai megállapításaival.

A 7. táblázat azt mutatja, hogy a napraforgóban a *Solanum nigrum* és az *Amaranthus powellii* a kukorica-, míg az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Fallopia convolvulus* a kalászos előveteménnyel asszociálódtak. Az *A. artemisiifolia* nagy tömegben képes tenyészni a

gabonatarlókon, és a *F. convolvulus* is tipikus tarlónövény (Novák *et al.*, 2011). Ezek a fajok minden bizonnyal még a tarlóhántás előtt képesek feltölteni a talajban lévő magbankjukat, ezáltal jelentősebb fertőzést idézhetnek elő a soron következő kultúrában. A kukorica-elővetemény a tavasszal csírázó fajok nagyobb részesedéséhez vezetett az olajrepe gyomflórájában is (Hanzlik & Gerowitt, 2011).

A mákvetések adatainak elemzése során kétféle gyom-együttest sikerült statisztikailag elkülönítenünk az elővetemény vonatkozásában: egyik csoportba a kukorica utáni gyomtársulások kerültek, míg az összes többi elővetemény után kifejlődő típusok alkották a másik csoportot. A 10. táblázatban látható, hogy az *Echinochloa crus-galli* és a *Setaria viridis* asszociálódtak legerősebben a kukorica-előveteménnyel, míg a *Polygonum aviculare* és a *Chenopodium album* más elővetemény típusokhoz kötődtek. A gazdálkodók megfigyelése szerint a mák a vetésforgóban a kukoricát követően mutatja a legjobb kelést. Ez minden bizonnyal annak tulajdonítható, hogy a kukorica durva tarlómaradványai alapos talaj-elmunkálást igényelnek a vetés előkészítésekor, ami a mák kelése szempontjából kedvező, nagyon finoman előkészített magágyat eredményez.

Az olajtöketések esetében, a kukorica-előveteménnyel asszociálódó legkarakterisztikusabb gyom az *Abutilon theophrasti* (46. ábra) volt, míg az *Ambrosia artemisiifolia* a kalászosokat követően bizonyult a legtipikusabb fajnak, az *Amaranthus powellii* pedig általában az olajtököt követte legnagyobb abundanciájával (28. ábra). Korábban gyakran előfordult, hogy néhány évig vetésváltás nélkül termesztették hazánkban az olajtököt, de a nagy tömegben elszaporodó gyomok kezelhetetlen problémákat okoztak (Farkas, 2015). Más kapásnövények sem tekinthetők az olajtök jó előveteményének, hanem az őszi kalászosok számítanak ebből a szempontból a legjobb választásnak az eltérő gyomflórájuk miatt. Blackshaw *et al.* (2007) szintén hangsúlyozták, hogy a különböző életciklussal rendelkező kultúrnövények rotációja megszakíthatja az egyes kultúrákhoz kötődő, sajátos gyomasszociációk kifejlődését, ezért az elővetemény helyes megválasztása az egyik leghatékonyabb eszköze az agrotechnikai gyomszabályozásnak. Következésképpen, sokkal több terhes gyomnövény asszociálódása lett volna várható az olajtökkel és a kukoricával, és jóval kevesebb a



46. ábra. *Abutilon theophrasti* olajtöketésben.

gabonákkal. Mindazonáltal, az előveteményekkel legerősebben asszociálódó gyomfajok nem mutattak ennyire éles elkülönülést (28. ábra). Ez – a napraforgóvetésekben tapasztaltakhoz hasonlóan – talán a gabonák aratása utáni megkésett tarlókántásokkal lehet összefüggésben, melynek következtében a tarlókon kifejlődő nyárutói gyomnövényzet egyúttal a kapáskultúrákra jellemző gyomfajokkal is felfrissítheti a talajok magbankját.

A szója esetében az elővetemény hatása nem lett szignifikáns a vizsgálatunk során. Elsősorban a szójára is veszélyes kórokozók elszaporodása végett, hazánk két jelentős haszonnövénye, a napraforgó és az olajrepcse nem megfelelő előveteménye a kultúrának (Balikó, 2015). Ennek következtében, gyakorlatilag csupán két fő kultúrnövény típus, a kukorica és a kalászosok alkották a szója előveteményeit, eltekintve néhány kivételtől, melyeket a „vegyes” kategóriába soroltunk. Ez a csekély változatosság hozzájárulhatott az elővetemény változó fontosságának lecsökkenéséhez. Mas *et al.* (2010) argentinai vizsgálatai mindamellett rámutattak, hogy a kukorica, mint elővetemény a szója gyomtársulásainak összetételét is befolyásolta, mivel a két kultúra meglehetősen különbözik az alkalmazott herbicidek tekintetében, és a herbicidek különösen fontos „szűrők” szerepét töltik be a gyomtársulások fajösszetételének kialakulásában.

A rizsvetésekben az utolsó váltónövény beiktatása óta eltelt évek száma, – mely azt mutatja, hogy mennyi idő telt el azóta, hogy megszakítás nélkül természetesen rizst az adott parcellán, – szintén fontosnak bizonyult (12. táblázat). Hazánkban a rizst nem lehet hosszú ideig monokultúrában termesztani, legfeljebb 3-5 egymást követő éven át. Ezután váltónövényt iktatnak a vetésforgóba, részben a vízi- és mocsári növények elszaporodásának visszaszorítása céljából (Csapody, 1953; Ruzsányi, 1992). A 13. táblázatban látható, hogy a szárazföldi életmódhoz jobban alkalmazkodott fajok (pl. *Persicaria lapathifolia* és *Polygonum aviculare*) előfordulása a váltónövényt követő első évekre volt inkább jellemző, míg a vízi- és mocsári növények (pl. *Lemna minor* és *Chara braunii*) inkább a későbbi években értek el nagyobb tömegességet.

4.4.3. Táblaméret

A táblaméret szignifikáns mértékben befolyásolta a napraforgóvetések gyomösszetételét, az *Ambrosia artemisiifolia* a kisebb táblamérettel asszociálódott (6. és 7. táblázatok). Ez összecseng a CART elemzésünk azon eredményével, miképpen Kelet-Magyarország kukorica- és napraforgóvetéseiben, valamint tarlókon a táblaszegélyekben kisebb volt a parlagfűfertőzés

mértéke, nagyobb (> 7 ha) parcellaméret esetén (34. ábra). Kizárólag a napraforgóvetések táblabelsőire fókuszálva úgy tűnik, hogy ez a jelenség az egész országra kiterjedő viszonylatban is érvényes. Ez talán azzal magyarázható, hogy bizonyos gépüzemelési tevékenységek kevésbé hatékonyak a kisebb táblákon, a kisparcellák tulajdonosainak korlátozottabb hozzáférése lehet a modern technológiákhoz és szaktudáshoz, melyek akár döntő módon is befolyásolhatják a gyomirtás sikerességét, hiszen a napraforgó gyomszabályozása meglehetősen komplikált és nagy szakértelmet igényel. Franciaországban azt is feltárták, hogy a gyomdiverzitás szignifikánsan növekedett a táblaméret csökkenésével (Gaba *et al.*, 2010). Következésképpen, a nagyobb méretű szántók intenzívebb gazdálkodása hozzájárulhat a gyomdiverzitás csökkenéséhez. Mindemellett a gyomszabályozás hatékonysága és a táblaméret közötti pozitív korreláció valószínűleg nem az egyedüli válasz arra, hogy kiváltképp a parlagfű miért dominánsabb a kisparcellákon. Ehhez az is hozzájárulhatott, hogy a kisparcellás határstruktúránál több az egységnyi területre jutó táblaszegély (Faragó, 1997), és vizsgálatainkban a parlagfű általában a táblaszegélyeket preferálta.

4.4.4. Trágyázás

A nitrogén-műtrágyázás szignifikáns tényezőnek bizonyult a mákvetések gyomfaj összetételének szempontjából (9. táblázat). Pozitív hatással volt az *Elymus repens*-re és a *Viola arvensis*-re, míg negatívan befolyásolta az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Setaria pumila* populációit. A 10. táblázatban láthatjuk, hogy mind az alacsony, mind a magas N-bevitellel olyan gyomok is társultak, melyeket a szakirodalomban nitrofil fajoknak tekintenek (Borhidi, 1993). Ez valószínűleg annak a ténynek is tulajdonítható, hogy ugyan a N fontos a növények növekedéséhez; koncentrációja a vegetációs periódus során állandóan változik, és még a nitrofil fajok sem képesek hasznosítani bármely N-tartalmú vegyületet. A nitrogén-műtrágyázás hatása a gyomok növekedésére nagymértékben függ a kijuttatás idejétől és a környezeti tényezőktől is (Sweeney *et al.*, 2008).

Eredményeink azt mutatták, hogy a nitrogén- és foszforműtrágyázás, valamint a szervesztrágyázás egyaránt szignifikánsan befolyásolta a szójabetések gyomflóráját is (14. táblázat). A nitrofil gyomnövények közül az *Echinochloa crus-galli*-nak kedveztek a magasabb nitrogén adagok, ellenben a *Datura stramonium* és a *Chenopodium polyspermum* nem várt módon, negatívan korrelált a N-műtrágyázással (16. táblázat). Balikó (2015) ajánlásának megfelelően, az indokolatlanul magas N-adagok káros következményekkel járhatnak, mint

például a szójaállomány megdőlésével és komolyabb gyomfertőzéssel. Ennek ellenére, számos – a kutatásunk során meginterjúvult – farmer ragaszkodott a meglehetősen magas N-adagokhoz, abból a célból, hogy sokkal jobban záródó szójaállományt hozzanak létre. Elemzésünk azt sugallja, hogy ez – a fellépő fényhiány miatt – akár egyes nitrofil gyomfajok elnyomását is okozhatja. Van Roekel *et al.* (2015) újkéletű megállapítása szerint, a potenciális szójahozam elérésének kulcsa szintén a megfelelő növényáplálásban, különösen a N-ellátásban rejlik. Fontos hangsúlyozni, hogy a megnövelt N-műtrágyázás számos környezeti problémát okozhat. A *nitrofilia* (nitrogénkedvelés) jelensége, továbbá a szántóföldi rendszerek gyomszabályozásában történő alkalmazása egy rendkívül bonyolult témakör és kimenetelét a helyi viszonyok is nagymértékben befolyásolhatják (Moreau *et al.*, 2014). Jóllehet, a szója a kevésbé foszforigényes kultúrák közé tartozik (Balikó 2015), a vizsgált szántók közel 60%-án végeztek foszforműtrágyázást. Eredményeink arra utalnak, hogy ez az eljárás kedvező hatással van a két legnagyobb térfoglalású gyomnövényre a *Chenopodium album*-ra és az *Ambrosia artemisiifolia*-ra (16. táblázat). Ennek háttérében az állhat, hogy számos szántóföldi gyomnövény nagyon érzékeny a foszforra; és kijuttatása a kultúrnövény-gyomnövény kompetíciót is befolyásolhatja (Blackshaw & Molnar, 2009). Mindazonáltal, Mohammadi & Amiri (2011) kísérlete rámutatott, hogy a szójaállományokban az ammónium-foszfát starter műtrágyaként való alkalmazása csökkentheti a gyomszabályozásra fordítandó idő mennyiségét. Balikó (2015) nem javasolja, hogy a szója alá közvetlenül szerves trágyát juttassunk ki, mivel ez gyomproblémákat okozhat. Tanulmányunkban a szervesztrágyázás változóra az *Amaranthus retroflexus* volt az egyik legerősebb választ adó gyomfaj (16. táblázat). Hasonlóképpen, Menalled *et al.* (2004) szintén rávilágítottak, hogy a taxonómiaiilag rokon *Amaranthus rudis* versenyképessége növekedett a szójában kijuttatott komposzttrágyával, anélkül, hogy növekedett volna a terméshozam.

Az olajtökvetések gyomösszetételében is fontosnak bizonyult a nitrogén- és foszforműtrágyázás (18. táblázat). Ugyan a tökben is megfigyelték, hogy a magasabb N-adagok sűrűbbé teszik a növényállományt, de az USA-ban (Reiners & Riggs, 1997) és Ausztriában (Eberdorfer, 2016) végzett kísérletek rávilágítottak, hogy ez nem párosult nagyobb terméshozamokkal, ráadásul a sok nitrogénnek többféle hátrányos élettani hatása is lehet a töknövényre (Farkas, 2015). Abból a szempontból is megfontolandó a magasabb műtrágyaadagok tökben való kijuttatása, miképpen Blackshaw *et al.* (2007) rámutattak, hogy a műtrágyázás nagyobb mértékben növelheti a gyomok kompetitív erejét a kultúrnövényéhez képest. Elemzésünk is azt sugallja, hogy néhány terhes gyomnövény, mint pl. a *Chenopodium*

album, a *C. polyspermum* és az *Amaranthus retroflexus* számára kedvezőek voltak a magas P-, míg a *Xanthium strumarium* és az *Ambrosia artemisiifolia* részére a magas N-adagok (20. táblázat). Mindezek sejtetik, hogy ámbár a műtrágyázást alkalmazni lehet a haszonnövény versenyképességének növelése céljából, de az alacsonyabb termetű kultúrnövényeket – mint pl. a tököt – könnyen túlnőhetik a nagyobb termetű és gyorsabb növekedésű gyomok, ha fokozzuk a fényért való versengés mértékét a magasabb N- és P-adagok bevitelével.

Tanulmányunkban a foszfor- és kálium-műtrágyázás szignifikánsan befolyásolta a rizs gyomnövényzetének összetételét is (12. táblázat). A *Persicaria lapathifolia* és a *Typha angustifolia* a nagy műtrágyaadagokkal, míg a *Nitella tenuissima*, a *Chara braunii*, a *C. vulgaris* és a *Najas gracillima* a közepes vagy zéró dózisokkal asszociálódtak (20. ábra). Bár a vizsgálatunk során nem mutattunk ki közvetlen korrelációt a fonalas moszatok és a műtrágyázás között, jól ismert tény, hogy a magas P-koncentráció segítheti az algák növekedését (Lundy *et al.*, 2012), míg a csillárka-társulások nagyon érzékenyek a foszfortúlkínálatra (Borhidi *et al.*, 2012). Amikor a sekély tavakban emelkedik a P-koncentráció, a fitoplanktonok és a makrofitonok között megindul a fényért való versengés, ami akár a makrofitonok eltűnését is eredményezheti (Bornette & Puijalon, 2011). Lambert & Davy (2011) szerint a megnövekedett nitrát-koncentráció szintén káros a csillárkák számára, továbbá Moss *et al.* (2013) kimutatták, hogy a fokozott nitrogénterhelés a makrofiton társulások kiszorulásához vezethet. Más tanulmányok arra utalnak, hogy a rizsföldeken a tápanyagok közül a foszfor határozza meg leginkább a magasabb rendű növényekből álló gyomtársulások szerkezetét (Huang *et al.*, 2013), továbbá a P és K befolyásolja legnagyobb mértékben a gyomok diverzitását (Wan *et al.*, 2012). Tanulmányunk feltárta, hogy a gyakran sűrű állományokat alkotó fonalas moszatok a legnagyobb térfoglalású gyomok a hazai rizsföldeken. A rizs vegetációs periódusának kezdetén a kedvező fényviszonyok és a tápanyagbőség algaszőnyeg kifejlődéséhez vezethet, amely teljesen elnyomhatja a kultúrnövény-állományt. Ugyan a fonalas moszatok közé tartozó cianobaktériumok az elárasztott rizsföldek potenciális nitrogénforrásának is tekinthetők, a sűrű algaszőnyeg nagymértékben csökkentheti a rizshozamot. A nitrogénmegkötő képességük révén általában a foszfor limitálja növekedésüket, és az ellenük alkalmazott réz-szulfát, illetve herbicidek többnyire csekély hatékonyságúak (Spencer *et al.*, 2009; Lundy *et al.*, 2012). Ezeknek az eljárásoknak a kudarcát a magyar rizstermesztők is rendszeresen megtapasztalják. Az algaszőnyeg fennmaradása kiszámíthatatlan időjárási tényezőknek is a függvénye, mivel gyakran csak a heves záporok képesek végérvényesen szétszaggatni.

4.4.5. Sortávolság, vetőmagmennyiség, kultúrnövény-borítás

A mákvetésekben a sortávolságnak is szignifikáns hatása volt a fajösszetételre (9. táblázat). A szélesebb sortávhoz kapcsolódott pl. a *Chenopodium album* és az *Echinochloa crus-galli*, velük ellentétben más fajok, pl. a *Papaver rhoeas* és a *Convolvulus arvensis* negatívan korreláltak a sortávolsággal (10. táblázat). Az elsőként említett két faj a fényigényes nyárutói gyomok csoportjába tartoznak, melyek általában bőséges teret igényelnek a növekedésükhöz, míg az utóbb említett növények versenyképesnek tűntek a sűrűbb kultúrállományokban is. A szélesebb sortáv a mákban lehetővé teszi a sorközök mechanikai gyomirtását kultivátor alkalmazásával (Sárkány *et al.*, 2001), ugyanakkor a keskeny sortáv általában növeli a kultúrnövények versenyképességét és visszafogja a gyomok növekedését (Drews *et al.*, 2009; Chauhan & Johnson, 2010).

A sortávolság az általunk vizsgált szójaállományokban is szignifikáns hatásúnak bizonyult, a szélesebb sortáv számos gyomfaj számára kedvezőbb volt (14. és 16. táblázatok). A szélesebb sortávolság a szójában is lehetővé teszi a kultivátor használatát a mechanikai gyomszabályozáshoz (Balikó, 2015), de észak-amerikai kísérletek feltárták, hogy a keskeny sortávolság korábban záródó szójaállományt eredményezett (Harder *et al.*, 2007), ami növelheti a szója gyomokkal szembeni toleranciáját (Knezevic *et al.*, 2003), és ennek eredményeképpen csökkenhet a gyomok abundanciája (Wells *et al.*, 2014). Elemzésünk azt mutatta, hogy a fontos gyomnövények között egyedül az *Ambrosia artemisiifolia* korrelált negatívan a sortávolsággal (16. táblázat). Ez összhangban van Schmidt & Johnson (2004) megállapításával, miszerint ennek a fajnak sem a biomasszája, sem a magprodukciója nem mutatott csökkenést a keskeny sortávolság alkalmazásakor szójában.

A nyárutói gyomvegetáció adataival végzett CART elemzésünk szerint a táblabelsőkben a kultúrnövény borítása bizonyult a legfontosabb magyarázó változónak (36. ábra), azt sugallva, hogy alacsony kultúrnövény-borítás esetén (~30% alatt) a fénykedvelő *Ambrosia artemisiifolia* számára nagyon kedvezőek a körülmények. Mindazonáltal ez azt is jelzi, hogy az *A. artemisiifolia* a jól beállt napraforgó- és kukoricaállományokban általában a szegélyterületekre szorul ki. Az előző bekezdés végén leírtakkal való ellentmondás feloldására magyarázatként szolgálhat, hogy a parlagfű a szóját könnyebben túlnőheti, mint a magasabb termetű kukoricát és napraforgót.

Az olajtökvetésekben szignifikáns hatásúnak mutatkozott a vetőmag mennyisége és a kultúrnövény borítása, nagyobb értékeik mindkét változó esetében elnyomták az *Amaranthus*

retroflexus populációit (18. és 20. táblázatok). A vetőmag mennyiségének megfelelő beállítása az egyik legalapvetőbb eszköze azoknak a világszerte elterjedt megközelítéseknek, hogy megpróbálják növelni a kultúrnövény kompetitív erejét, miáltal csökkentik a gyomok abundanciáját (Sardana *et al.*, 2017). A kultúrnövény borítását közvetett agrotechnikai tényezőnek tekinthetjük, mely számos olyan közvetlen változó függvénye, mint pl. a vetőmag mennyisége, sor- és tőtávolság, fajtatípus és tápanyag-utánpótlás. Ezen paraméterek megfelelő beállításának elsődleges célja a minél korábban záródó, sűrű kultúrállomány létrehozása, amely felül tud kerekedni a megjelenő gyompopulációkkal folytatott versengésben (Blackshaw *et al.*, 2007). Mindazonáltal, elemzésünk azt mutatta, hogy bizonyos gyomnövények, mint pl. a *Chenopodium album*, *Persicaria lapathifolia*, *Amaranthus powellii* és *Datura stramonium* jelentős térfoglalással is előfordulhatnak a sűrűbb tőkállományok és a nagyobb vetőmagmennyiség alkalmazása esetében is (20. táblázat). Mindez ismét annak köszönhető, hogy ezek a nagy termetű és gyors növekedésű gyomok könnyedén túl nőhetik az alacsonyabb tőknövényzetet és egy felsőbb vegetációs szintet alkothatnak még a sűrű „tők-lombkorona” felett is.

A rizsvetésekben a rizs borítása bizonyult a legfontosabb változónak a gyomvegetáció kiformálódásában (12. táblázat). A *Lemna aequinoctialis* tűnt a legtoleránsabb fajnak a kultúrállomány árnyékoló hatásával szemben (13. táblázat). A *Lemna* fajok árnyéktűrő képessége jól ismert más vizes élőhelyekről is. Mivel a felszínen lebegnek, nem tűrik jól az erős hullámzást és vízsodrást, ezért inkább más növények által védett vízfelületeken alkotnak társulásokat (Borhidi *et al.*, 2012). Ez a faj a legsűrűbb rizsállományok kisebb nyiladékaiban mutatta legnagyobb tömegességét, ahhoz hasonlóan, ahogy a nádasok tisztásain szokott előfordulni (Borhidi *et al.*, 2012). Ezzel szemben, a *Chara vulgaris* azokkal a helyekkel asszociálódott, ahol kevésbé volt sűrű a rizs lombozata (13. táblázat), ami összhangban van a legtöbb makrofiton növény nagy fényigényével (Bornette & Puijalon, 2011). A fajta és a vetőmag mennyisége egyaránt erősen befolyásolták a rizs borítását. Ezzel összhangban, külföldi kísérletek arról számoltak be, hogy a gyomelnyomó képesség növelhető a kompetitív fajták termesztésével (Toure *et al.*, 2011), vagy a vetőmag mennyiségének emelésével (Chauhan *et al.*, 2011). Tanulmányunkban az ‘M-60’ fajtának volt a legnagyobb borítása, mely magas növésű, erőteljes lombozatú és jól bokrosodó tulajdonságokkal rendelkezik.

A kalászos vetések esetében is fontos tényezőnek bizonyult a kultúrnövény borítása, de mivel ez szoros összefüggésben volt az intenzifikáció mértékével, a 4.4.10. fejezetben kerül tárgyalásra.

4.4.6. Fajta éréscsoport

A szója esetében az agrotechnikai tényezők között a fajta éréscsoportja lett a legfontosabb változó (14. táblázat). A tenyészidő hosszának megfelelően, a felvételezett szójavetések fajtái három éréscsoportba sorolhatók: igen korai, korai és középérésű; 100-120, 120-140 és 140-160 napos tenyészidővel (Balikó, 2015). Az egyes éréscsoportok eltérő hő- és fényigényének köszönhetően, ez a változó szoros kapcsolatban állhat a klimatikus tényezőkkel, amit az ordinációs diagramjaink is jeleznek (24. ábra). Az igen korai és korai érésű fajtákat gyakrabban vetették az északi régiókban, míg a déli országrészben leginkább a középérésű fajtákat termesztették. Így ennek a változónak a szignifikáns hatása sokkal inkább a társuló gyomfajok klimatikus igényével állhat kapcsolatban, mint a fajta jellemzőkkel és a hozzájuk kapcsolódó gazdálkodási műveletekkel. Mindazonáltal, Nordby *et al.* (2007) észak-amerikai vizsgálatai rámutattak, hogy a később érő fajták általában jobban tolerálták a korai gyomkompetíciót, és a kései fajták kiválasztása több flexibilitást tett lehetővé a gyomszabályozásban és kisebbek voltak a gyomok által okozott termésveszteségek is.

4.4.7. Vízgazdálkodás, víz vezetőképessége

A májusi vízmélység fontos változónak bizonyult a rizs gyomflórájának összetétele szempontjából (12. táblázat). Ez összhangban van más kutatók megfigyeléseivel, miszerint a vízmélység szignifikáns hatást gyakorol a rizs gyomnövényzetének fajkompozíciójára és denzitására (Caton *et al.*, 1999). A vízmélységet későbbi vegetációs periódusokban is megmértük, de annak ellenére, hogy a júniusi és júliusi vízmélység hosszabb gradienssel rendelkezett, csak a májusi érték lett szignifikáns. Ez arra utal, hogy a vízszint a gyomok csírázási periódusában a legkritikusabb körülmény. Tulajdonképpen, a megfelelő vízszintek beállítása volt az egyetlen hatékony eszköz az *Echinochloa crus-galli* elleni küzdelemben hazánkban, a herbicidek korszakát megelőzően (Szilvássy, 2000); és még ma is használják ezt a módszert más rizstermesztő országokban is (Chauhan & Johnson, 2011). Eredményeink azt mutatták, hogy az *E. crus-galli* az alacsonyabb vízmélységgel asszociálódott, míg a rizs gyomosító alakja nagyobb értékeket is tolerált (13. táblázat; 47. ábra). Ez minden bizonnyal a helofita (mocsári) rizs és a higrofita-mezofita (nedvességkedvelő-közepes vízigényű) *E. crus-galli* eltérő ökológiai viselkedésével van kapcsolatban (Ubrizsy, 1961).



47. ábra. *Echinochloa crus-galli* (balra) és a rizs gyomosító alakja (jobbra) rizsvetésben.

A „vetés típusa” változó, – mely arra utal, hogy a rizst közvetlenül a talajfelületre vagy 3-5 cm mélyen a talajba vetették – szintén szignifikáns hatást mutatott (12. táblázat). A gyommagvak különféle csírázásdinamikai válaszai a vetési munkálatok során fellépő bolygatásra, potenciális magyarázatként szolgálhat erre az összefüggésre. Mindazonáltal, ennek a prediktornak a hatása a vetéstípusokhoz kötődő különböző vízgazdálkodási eljárásokkal is interpretálható. Az adatainkban ugyanis erős korreláció mutatkozott a „vetéstípus” és a „vetés és árasztás között eltelt napok száma” változók között, és emiatt az utóbbi változót kizártuk az elemzésből. A vetés és árasztás között eltelt napok száma általában 1-5 nap volt a felületre vetés, míg 12-15 nap a talajba vetés esetén. Mindez elvezethet a második potenciális magyarázathoz, azzal kapcsolatban, hogy a vetéstípus miért befolyásolja szignifikáns mértékben a gyomkompozíciót. Bhagat *et al.* (1996) szerint ugyanis, az árasztás késedelmével általában kedvez a gyomok kelésének, mivel a legtöbb higrofita és mezofita növény nem képes a vízalatti csírázásra. Másfelől, a helofita gyomrizs kelését nem gátolja a korai elárasztás, és ez magyarázatként is szolgál a gyomrizs felületi vetés iránt, elemzésünkben kimutatott preferenciájához (13. táblázat).

Számos, egymással korreláló vízparamétert is mértünk a felvételezésünk során, melyek közül csak a víz vezetőképességét vontuk be az analízisbe. Ezt a mutatószámot a vízi növényzet fajösszetételét befolyásoló egyik legfontosabb változónak tekinti a nemzetközi szakirodalom (Capers *et al.*, 2010), és tanulmányunkban szintén fontosnak bizonyult (12. táblázat). Értékét az ionkoncentrációhoz kapcsolódóan ökológiai tényezők és antropogén szennyezések egyaránt befolyásolhatják, és általában erősen korrelál a víz kémhatásával (Heegaard *et al.*, 2001). A rizsvetések árasztóvizében a vezetőképességet nagyban befolyásolhatják a kijuttatott műtrágyák. A fajok előfordulására kifejtett jelentőségének tanulmányozása további vízkémiai vizsgálatokat igényelne, precízebb analitikai mintavétellel.

4.4.8. Mechanikai gyomszabályozás

Cloutier *et al.* (2007) szerint a mechanikai gyomszabályozás három fő eleme: a talajművelési eljárások, valamint a gyomok lekasználása és kihúzása. Az olajtökvetésekben alkalmazott különféle talajművelési változók közül a kultivátorozás befolyásolta szignifikánsan a gyomvegetáció fajösszetételét (18. táblázat). Ez csökkentette néhány olyan jelentős gyomnövény tömegességét, mint pl. az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Setaria pumila* (20. táblázat). Ugyanakkor, mint ahogy Cloutier *et al.* (2007) is rámutattak, a gyérítő hatásán túlmenően, bármely kultivátoros bolygatás egyúttal stimulálhatja bizonyos gyomfajok csírázását és megjelenését. Ezzel magyarázhatjuk, hogy az általunk vizsgált tökvetésekben a kultivátor alkalmazása és egyes gyomfajok, mint pl. a *Galinsoga parviflora* és az *Echinochloa crus-galli* abundanciája között pozitív korrelációt mutattunk ki (20. táblázat). Természetesen, a kultivátorozás gyomszabályozási hatékonysága és egyéb kedvező agronómiai vonatkozásai széles körben elismertek a hazai olajtöktermesztők körében (Farkas, 2015). Általában kétszer, vagy akár többször is alkalmazzák az indafutás kezdetéig. Az ezt követően kifejlődő gyomvegetáció már általában nem okoz jelentősebb termésvesztést a tökben, és ráadásul hasznos is lehet, mivel védelmet nyújthat a napégéssel és szélveréssel szemben (48. ábra). Mindazonáltal, erős gyomfertőzések esetén még kézi gyomszabályozást is bevethetnek a termelők (48. ábra), amely szintén szignifikáns hatásúnak bizonyult a vizsgálatunk során. Ez az eljárás leginkább kézi kapálásból és gyomlálásból, ritkábban a gyomok levágásából állt. Elemzésünk az sugallja, hogy a szembetűnő, magas termetű gyomok, mint pl. az *Abutilon theophrasti* és a *Chenopodium album* voltak a leginkább sebezhetőek ezen műveletek folyamán. Ezzel szemben, az alacsonyabb gyomok, mint pl. a *Portulaca oleracea* és a *Heliotropium europaeum* kevésbé voltak a kézi beavatkozások célpontjai, és egyúttal gyakrabban elkerülték a mezei munkások figyelmét (20. táblázat). Annak ellenére, hogy a toborzott brigádok jellemzően alacsony munkamorálja és megbízhatatlansága miatt, számos termelő vonakodott a kézi munkaerő alkalmazásától, tanulmányunk azt sugallja, hogy hatékonyan kiegészítheti a sorközművelő kultivátorok használatát. Mindez összhangban van Pannacci *et al.* (2017) ajánlásával, miszerint a jó gyomszabályozási hatékonyság elérésének érdekében a sorközök kultivátorozását sorműveléssel lenne célszerű kombinálni.



48. ábra. A nyár folyamán kifejlődő gyomnövényzet védelmet nyújthat az olajtöknek (balra) és kézi gyomszabályozás olajtökvetésben (jobbra).

Annak ellenére, hogy a mechanikai gyomszabályozás hasznossága és fontossága általánosan elismert a szójatermesztésben (Balikó, 2015), és hiába alkalmazták az általunk felvételezett szójabetétek 34%-án, elemzésünkben nem sikerült szignifikáns hatását igazolnunk. Hasonlóképpen nem volt szignifikáns a napraforgó- és mákvetésekben sem. Ennek egyik lehetséges magyarázata lehet, hogy a mechanikai gyomirtás viszonylag egységes módon hat a gyomfajok széles tartományára és inkább egy általános késedelmet okozhat a gyomok fenológiájában, mintsem jelentősebb átalakulást a fajösszetételben. A mechanikai gyomszabályozás vártnál gyengébb hatása Pannacci & Tei (2014) megállapításához is kapcsolható, akik arra hívták fel a figyelmet, hogy a gépi kapálás önmagában csak közepes hatékonyságú gyomirtást eredményezhet, mivel a sorokban növekvő gyomok ellen kevésbé hatásos. De még Pannacci & Tei (2014) is elismerik a gépi kapálás hasznosságát, azt javasolva, hogy a sorközök kapálását a sorok vegyszeres gyomirtásával kellene kiegészíteni. Mivel az általunk vizsgált szója-, napraforgó- és mákvetésekben a mechanikai gyomszabályozást általában vegyszeres gyomirtással kombinálták, a herbicidek hatása valószínűleg elfedte a gépi kapálásokét, és a fentebb leírtakból kiindulva, az utóbbi többnyire nem befolyásolhatta a sorokban növekvő gyomokat. Ellenben az olajtökvetéseknél, a kisebb mértékű vegyszerhasználat lehetővé tette, hogy a mechanikai gyomszabályozás hatása is kimutatható legyen az elemzésben.

4.4.9. Herbicidek

Annak ellenére, hogy egyik herbicid hatása sem bizonyult szignifikánsnak a napraforgóadatok elemzésekor, az imazamox hatóanyag erősen korrelált az RDA ordináció első tengelyével (13. ábra). Vizsgálatunk azt mutatta, hogy a *Datura stramonium*, *Xanthium italicum*, *Persicaria*

amphibia, *Echinochloa crus-galli*, *Hibiscus trionum* és *Abutilon theophrasti* tűntek a legérzékenyebbnek az imazamox hatóanyagra, ellenben a *Chenopodium album* és az *Amaranthus powellii* magas borítással léptek fel alkalmazása esetén (8. táblázat). Az imazamox hatóanyagot csak az imidazolin toleráns napraforgóhibridek termesztése során alkalmazzák, és ezek népszerűsége egyre növekszik több európai országban (Elezovic *et al.*, 2012; Bozic *et al.*, 2012). Eredményeink azt sugallják, hogy ez a technológia kissé eltérő gyomtársulások kialakulásához vezethet. A szignifikáns hatású többváltozós összefüggés hiánya az imazamox pRDA modelljében talán annak tulajdonítható, hogy konvencionális herbicideket szintén használnak ezeknek a vonalaknak a termesztésekor, és ezek gyakori alkalmazása lefedheti az imazamox hatásának kimutathatóságát.

A mákvetésekben alkalmazott 11 aktív herbicid-hatóanyag közül a mezotrion és az izoxaflutol hatása bizonyult szignifikánsnak (9. táblázat). A mezotriont általában egyszer használják korai posztemergens szerként és nagyon hatékony a kétszikű gyomok ellen. Lengyelországban szintén jó eredményeket értek el ezzel a hatóanyaggal a mákvetések gyomszabályozásában (Wójtowicz & Wójtowicz, 2009). Vizsgálatunk azt mutatta, hogy a *Chenopodium album* és a *Capsella bursa-pastoris* tűntek a legérzékenyebbnek a mezotriontra, míg az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Lolium perenne* látszólag a magasabb dózisait is tolerálták (10. táblázat). Pannacci & Covarelli (2009) szerint kukoricában a *Chenopodium album* és más kétszikű gyomnövények kielégítően szabályozhatóak ezzel a herbiciddel, de hatástalan pl. a *Portulaca oleracea*-val szemben még maximális dózisban is. Nurse *et al.* (2010) vizsgálata azt mutatta, hogy a mezotrion hatékonyan szabályozta az *Ambrosia artemisiifolia* populációit alacsonyabb dózisban, ugyanakkor Whaley *et al.* (2006) szerint a nagyobb dózisa is csak kevesebb, mint 40%-os hatékonysággal gyérítették ezt a fajt. Annak ellenére, hogy az *A. artemisiifolia* jelenleg Magyarország legnagyobb térfoglalású szántóföldi gyomnövénye (Kazinczi *et al.*, 2009; Novák *et al.*, 2011), továbbá a mezotrionnal szembeni esetleges toleranciája dacára, a hazai mákvetésekben nem okoz kezelhetetlen problémát. Az izoxaflutolt preemergensen használják és gyommentesen tartja a mákot a korai kritikus fejlődési fázisban. Úgy tűnt, hogy a *Chenopodium album* és a *Descurainia sophia* nagyon érzékenyek voltak erre a hatóanyagra, ellenben a *Fallopia convolvulus* és a *Mercurialis annua* nagymértékben tolerálták alkalmazását (10. táblázat). Ez egybevág Jursik *et al.* (2008) vizsgálatának eredményével, miszerint az izoxaflutol jó hatékonyságot mutatott a *Chenopodium album*-mal szemben, míg a *Mercurialis annua*-t nagyon magas dóziséval sem lehetett megfelelően gyéríteni.

A szójvetésekben használt 13 aktív herbicid-hatóanyag közül a következő kilenc hatása bizonyult szignifikánsnak: flumioxazin, pendimetalin, dimetenamid és linuron mint preemergens, valamint propaquizafop, bentazon, quizalofop-p-tefuril, quizalofop-p-etil és tifenszulfuron mint posztemergens szerek (14. táblázat). Ugyan az elsőként említett csoport tagjai magasabb pozíciókat foglaltak el a változók fontossági rangsorában, nem tűnik ésszerűnek a pre- és posztemergens eljárások hatékonyságának külön tárgyalása, ugyanis a vizsgált szántóföldek többségét mindkét technológiával kezelték. Meglepőnek tűnik, hogy a leggyakoribb és legdominánsabb gyomnövény, a *Chenopodium album* – elemzésünk szerint – érzékenységet mutatott számos kijuttatott hatóanyagra (17. táblázat, 24. ábra). Ez azt sugallja, hogy bár ennek a fajnak a tömegességét jelentős mértékben befolyásolhatják a környezeti és agrotechnikai tényezők, megfelelő herbicidválasztással hatékonyabban szabályozható lenne.

A lágú és nedvdús szöveti felépítésének köszönhetően a tök nem toleráns a legtöbb herbiciddel szemben és csak preemergens szerek alkalmazhatók állományaiban. Tanulmányunkban, az olajtökben használt négy aktív gyomirtó szer hatóanyagból kettő hatása bizonyult szignifikánsnak, az S-metolaklór és a linuron (18. táblázat). A fontos gyomnövények tekintetében a *Chenopodium album* csak a linuronnal szemben tűnt érzékenynek, míg az *Amaranthus retroflexus*, a *Solanum nigrum* és az *Echinochloa crus-galli* mindkét hatóanyagra érzékenységet mutatott (20. táblázat). A linuront más zöldség-kultúrákban is hatékonyan alkalmazzák, mint pl. sárgarépában (Bell *et al.*, 2000) és babban (Soltani *et al.*, 2011); míg az S-metolaklór paprikában (Mohseni-Moghadam & Doohan, 2015) és retekben (Odero *et al.*, 2016). Mindazonáltal, az utóbb említett herbicid számos gyomnövényvel szemben, beleértve a *C. album*-ot is, nem biztosít megfelelő gyérítőhatást. Az USA-ban általános szemlélet szerint a megfelelő gyomirtó hatás elérésének céljából a herbicidek nélkülözhetetlenek a töktermesztésben (Brown & Masiunas, 2002; Kammler *et al.*, 2008; Walters & Young, 2012). Ugyanakkor kutatásunk rávilágított, hogy a hazai töktermelők meglehetősen megosztottak ebben a kérdésben. Nevezetesen, két csoportjukat lehetett elkülöníteni, az egyikben szintén ragaszkodtak a herbicidek alkalmazásához, míg a másik csoportjuk sokkal inkább a sorközművelő kultivátor többszöri alkalmazására hagyatkozott.

A rizsben szintén sikerült kimutatnunk a herbicidek szignifikáns hatását (12. táblázat). Mindhárom aktív hatóanyag elsődlegesen az *Echinochloa crus-galli* gyérítését célozta, mivel más országokhoz hasonlóan (Beltran *et al.*, 2012; Osca, 2013), hazánkban is ezt a gyomot tekintik a rizs legfontosabb termés-korlátozó tényezőjének. A penoxszulam a *Bolboschoenus* nemzetség évelő fajaival szemben is hatékony, míg az azimszulfuron széles spektrumban

hatásos a kétszikű gyomok ellen is. Tanulmányunkban a *Lemna minor* kivételével számos vízinövény érzékenynek tűnt a pendimetalinra. Mindazonáltal a fonalas moszatok és a gyomrizs az azimszulfuron, míg a *Lemna aequinoctialis* és az *Echinochloa crus-galli* a penoxszulam alkalmazása esetén is jelentős térfoglalást mutatott (13. táblázat). Az azimszulfuront hatékonynak találták az *E. crus-galli*-val szemben olaszországi kísérletekben (Vidotto *et al.*, 2007), továbbá a penoxszulamot és a pendimetalint több ázsiai országban eredményesen alkalmazzák a rizsgyomok szabályozásában (Jabran *et al.*, 2012).

A fentebb leírtak alapján megállapítható, hogy tanulmányaink során számos herbicid esetében sikerült kimutatnunk az egyes kultúrák gyomtársulásainak összetételére kifejtett hatásukat. Ez feltehetően, részben annak köszönhető, hogy a szóban forgó hatóanyagok hosszú gradienssel rendelkeztek, és mert a gazdálkodók többsége valószínűleg megfelelő technológiai hozzáértéssel alkalmazta a vegyszeres beavatkozásokat. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy munkánk országos kiterjedésű gyomfelvételezéseken alapult, nem pedig szabályozott körülmények között lefolytatott hatékonyságvizsgálatokon. Ezért az egyes fajok érzékenységről vagy toleranciájáról nyert megállapítások értelmezésénél figyelembe kell venni, hogy azokat nem beállított kísérleti körülmények között, hanem számos, szabályozatlan és ismeretlen tényező befolyása alatt észleltük. Így – többek között – az esetleges utókezelések problémáját, valamint a kezelések helytelen időzítésének és a kedvezőtlen időjárási tényezőknek hatékonyságra kifejtett befolyását elemzéseinkben nem tudtuk nyomon követni.

4.4.10. Intenzifikáció mértéke és a ritka gyomnövény jellegszindrómák

A kalászos vetésekben végzett kutatásaink eredményei rámutattak, hogy a fajösszetétel varianciájáért legnagyobb mértékben az extenzív és intenzív művelési módok közötti eltérések voltak felelősek (1. táblázat). A művelési mód több varianciát magyarázott a kultúrnövény borításánál, ugyanakkor jelentős átfedés volt közöttük (9. ábra). Eredményeink rávilágítottak, hogy a kultúrnövény borítása fontos tényező volt, amely befolyásolta az extenzíven és intenzíven művelt szántók gyomnövényzetének eltéréseit. Mindazonáltal, a variancia-partícionálás egyéb tényezők fontosságára is rámutatott. Meg kell jegyeznünk, hogy az abiotikus tényezők csekély magyarázó ereje a mintavételi stratégia következménye. Mivel a tanulmány fő célja az volt, hogy feltárjuk az eltérő művelési módok okozta különbségeket a gyomvegetáció fajösszetételében, próbáltuk limitálni a zavaró tényezők befolyását. Ezért minden egyes szántót bázikus vályogtalajokról választottunk ki, és a klimatikus tényezők is

meglehetősen szűk gradienssel voltak jellemezhetők. Mivel ezek a körülmények elterjedtek a Dunántúl területén, az eredmények általánosságban érvényesek a térségre, mindemellett jól ismert tény, hogy minél nagyobb a vizsgált terület kiterjedése, annál inkább megnövekszik az abiotikus tényezők fontossága (Lososová *et al.*, 2004; Glemnitz *et al.*, 2006).

Tanulmányunk feltárta, hogy számos gyomnövény előfordulása az extenzív műveléshez kapcsolódott, továbbá a ritka és vörös listás fajok nagyobb borítási részesedéssel szerepeltek az extenzíven művelt szántókon (2. és 3. táblázatok, 39. ábra). Ez összhangban van más országokban végzett hasonló kutatások eredményeivel, miszerint az intenzív rendszerekhez hasonlítva a gyomok fajgazdagsága és biomasszája általában jóval magasabb az extenzív vetésekben (Hofmeister, 1992; Litterski & Jörens, 2004; Hyvönen & Salonen, 2005; Glemnitz *et al.*, 2006; Hawes *et al.*, 2010). Ez a jelenség leginkább a herbicidek hiányának és az alacsonyabb műtrágyaadagoknak köszönhető (Rassam *et al.* 2011; Cirujeda *et al.* 2011; Andreasen & Stryhn 2012; Pál *et al.* 2013; Salonen *et al.* 2013). A kutatásunk során felvételezett, veszélyeztetett fajok közül néhány száraz gyepekben is megfelelő élőhelyet talál (pl. *Adonis flammea*, *Bupleurum rotundifolium* és *Melampyrum arvense*), de elsősorban az extenzív művelésű szántók biztosítják fő menedékhelyeiket (Pinke, 2004).

Érdemes megemlíteni, hogy néhány olyan gyomnövény, mint például az *Adonis aestivalis* és a *Consolida regalis*, melyek Nyugat-Európa számos régiójában veszélyeztetettek, hasonló gyakorisággal szerepeltek az extenzív és intenzív kalászos vetéseinkben. Ez részben e fajok eurázsiai-mediterrán eredetével van kapcsolatban, ugyanis a Kárpát-medence közelebb fekszik és ökológiai szempontból hasonlóbb ezeknek a növényeknek az elterjedési centrumához. Holzner (1978) is felhívta a figyelmet, hogy ezek a növények sokkal érzékenyebbek és kevésbé életképesek az intenzív növénytermesztési körülmények között az elterjedési területeik periférikus zónáiban, Nyugat- és Észak-Európában. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a szántószegélyekben történt a gyomfelvételezésünk, ahol a gyomvegetáció általában gazdagabb az intenzíven művelt szántókon is (Elsen & Scheller, 1995; Wilson & Aebischer, 1995; Fried *et al.*, 2009b).

Tanulmányunkban a rovarmegporzású gyomfajok szignifikánsan gyakoribb előfordulásúak voltak az extenzív kisparcellákon (3. táblázat). Ez arra utal, hogy az extenzív élőhelyek gyomvegetációja az intenzív rendszerekhez viszonyítva kedvezőbb a beporzó rovarközösségek számára. Külföldi vizsgálatok is rámutattak, hogy az ökológiailag művelt szántókon nagyobb volt a rovarmegporzású gyomfajok részesedése, mint a konvencionális

termesztési körülmények között (Gabriel *et al.*, 2005; Romero *et al.*, 2008) és ez például nagyobb méhdiverzitást eredményezett (Holzschuh *et al.*, 2007). A madaraknak gyommag eleséget biztosító fajok tömegességében nem sikerült szignifikáns különbséget kimutatnunk a két gazdálkodási rendszer között. Ez vélhetően annak köszönhető, hogy felvételezéseinket május végén és június elején végeztük, de a madarak szempontjából fontosabb fajokat inkább a nyárutói gyomnövényzet jellemző képviselői alkotják (Pinke & Pál, 2008).

Eredményeink azt sugallják, hogy az extenzív szántóknak sokkal nagyobb a természetvédelmi fontosságuk, mint az intenzív vetéseknek, ezért az extenzív rendszereknek fontos szerepük lenne a biodiverzitás megőrzésében. Sajnos azonban, csak kevés ilyen élőhely maradt fenn hazánkban (49. ábra) és számuk rohamosan fogyatkozik. Ezeket a szántókat általában idősebb parasztemberek művelik, akik gabonát termesztene a háztáji állataik takarmányozásának céljából. Nem a piacgazdaság motiválja tevékenységüket, és nem kapnak semmilyen támogatást ezért a „környezetbarát” termesztési módért. Ők az utolsók, akik a régi paraszti gazdálkodás egyes hagyományos elemeit még napjainkban is „művelik”, de ezek az élőhelyek – generációjuk kihalásával – várhatóan végleg átalakulnak vagy eltűnnek majd. Az extenzív szántókat felhagyják, intenzifikálják vagy házakkal és ipari parkokkal építik be (Pinke & Pál, 2005). Megőrzésükhöz szükségünk lenne egy – a Németországban bevezetett „100 Äcker für die Vielfalt” („100 Fields for Diversity”) c. programhoz hasonló – természetvédelmi projektekre, ahol menedékhelyek hálózatában próbálják fenntartani a ritka és veszélyeztetett szántóföldi gyomnövényeket (Meyer *et al.*, 2010).

Az extenzív és intenzív kalászos vetések gyomtársulásai jól elkülönültek a jellegszindrómák alapján is (40. ábra), ami néhány szétválasztó szűrőt feltételez a társulások szerveződésében. Az intenzív rendszerek társulásaiban például tipikus volt a hosszabb virágzási periódus, amely lehetővé tette, hogy a hosszabb fenológiaiával rendelkező fajok megbirkózzanak olyan technológiai beavatkozásokkal, mint pl. a herbicidek használata. Hasonló következtetésekre jutottak Fried *et al.* (2012) releváns franciaországi vizsgálataikban. Ezen túlmenően, az alacsony (< 60 cm) és magas (> 100 cm) fajok „elegye” a gabonánövényekkel hasonló magasságú gyomok kompetitív kizárására utalhat az intenzív termesztési körülmények között. Ugyanakkor, az extenzív vetések társulásai divergens magtömegekkel (többnyire < 1,3 mg és > 10 mg) rendelkeztek, melyek valószínűleg kevésbé életképesek az intenzív szántóföldi termesztés nagyobb versengésnek kitett körülményei közepette. A nagyobb magtömeg abból a szempontból is előnytelen lehet, hogy általában kevesebb számú utódnövénnyel párosul, és bármilyen előnyökkel társul a kezdeti nagyobb méret, azok elveszthetik jelentőségüket a

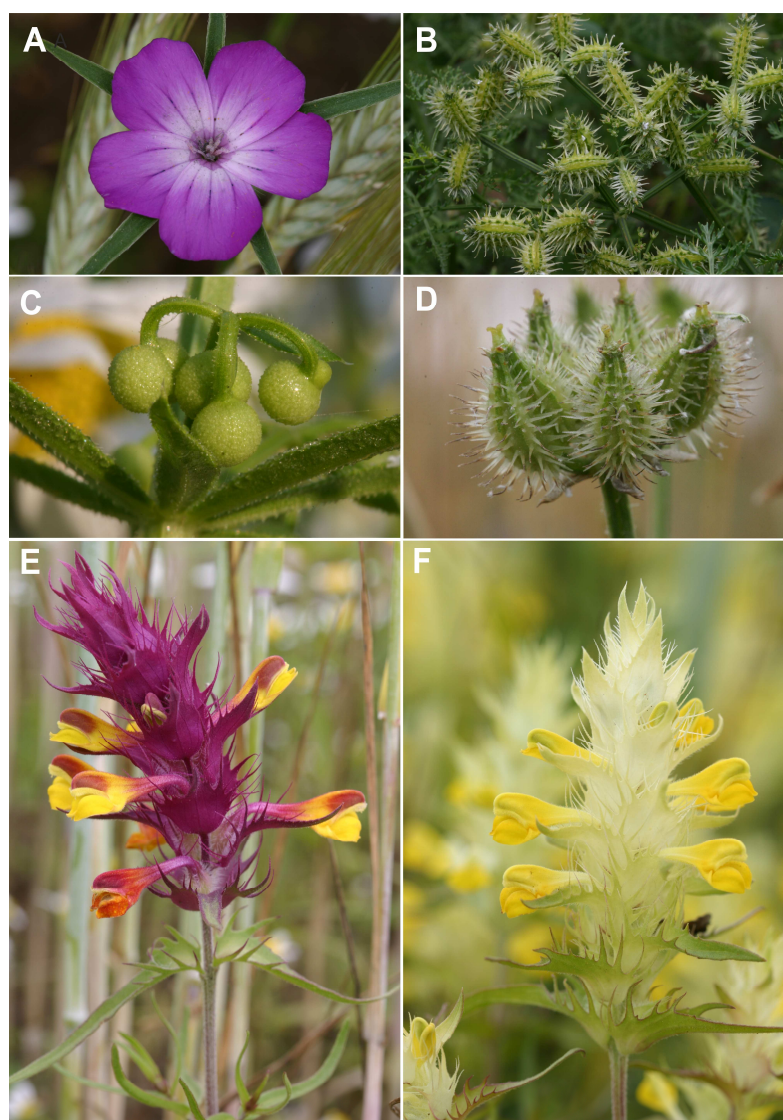
vegyszeres gyomszabályozás alkalmazásakor (Navas, 2012). Ráadásul a magméret és a magbankban történő perzisztencia között negatív korreláció tapasztalható (Thompson *et al.*, 1993). Ezért a nagyobb diasporával rendelkező fajok általában gyorsan eltűnnek a kedvezőtlen körülmények esetén, továbbá a magtisztító technológiák fejlődésével ezek a fajok már eleve visszaszorultak a korábbi évtizedekben (Hilbig & Bachthaler, 1992). Az alacsony magtömegű csoport extenzív vetésekben való jelenléte pedig azzal lehet kapcsolatban, hogy az ide tartozó – inkább a száraz gyepekre jellemző – fajok, az extenzív élőhelyekkel gyakran határos természetközeli gyepekből vándoroltak a szántókra.

Eredményeink részben egybevágnak az extenzív gazdálkodással asszociálódó gyomokról korábban leírt – pl. a nagyobb magtömeghez és a késői virágzáshoz kapcsolódó – trendekkel (Lososová *et al.* 2006; Navas 2012), de az általunk használt statisztikai módszer lehetővé tette a sokkal komplexebb mintázatok detektálását. Különösen figyelemreméltó, hogy az extenzív kalászosokkal asszociálódó két csoportban szerepeltek legnagyobb részesedéssel a ritka és vörös listás fajok, míg az intenzív vetésekhez kötődő két csoport tartalmazta legkisebb hányadban az ilyen gyomokat, pedig a csoportokat kizárólag funkciós válaszcsoportok alapján definiáltuk. A közepes termettel, a legnagyobb magvakkal és a legrövidebb virágzási periódussal rendelkező csoport (1-es csoport a 40. ábrán) azonosítható a hazánkban leginkább veszélyeztetett és eltűnően lévő gyomnövényekkel (pl. *Agrostemma githago*, *Caucalis platycarpos*, *Galium tricornutum*, *Ranunculus arvensis*, *Turgenia latifolia*, *Melampyrum arvense* és *M. barbatum*) (50. ábra). Mindez nagyban összecseng a Storkey *et al.* (2010) által előterjesztett – alacsony termeten, nagy magméreten és a kései virágzáson alapuló – ritka gyomnövény jelleg szindrómával.

Elemzésünk azt is kimutatta, hogy a N-műtrágyázás negatív hatással volt a tarlók gyomborítására és a ritka fajok részesedésére (41. ábra). A gazdálkodási változók és a funkciós kompozíció között azonban csak gyenge (nem szignifikáns) összefüggéseket találtunk a tarlók esetében. A N-műtrágyák fajgazdagságra és a ritka fajok abundanciájára gyakorolt kedvezőtlen hatása jól ismert jelenség a szántóföldeken (Kleijn & vanderVoort 1997; Kovács-Hostyánszki *et al.* 2011). Ráadásul, Storkey *et al.* (2012) újkénti kutatása szerint, az egyes európai országokban a veszélyeztetett szántóföldi gyomfajok hányada a kijuttatott műtrágyák dóziséval és (kisebb mértékben) a herbicidekkel van összefüggésben. Ugyan más szűrőkhöz (pl. talajművelés és herbicidek) hasonlítva, a műtrágyázás hatása valószínűleg tartósabban érvényesül még az aratás után is, a funkciós válaszok hiánya feltételezhetően az intenzifikációs gradiensek viszonylag rövid kiterjedésében keresendő.



49. ábra. Extenzív szántó (Öskü környéke, Dél-kelet Bakony).



50. ábra. Néhány példa a 40. ábrán azonosított, az 1-es csoportba tartozó ritka gyomnövényekre: *Agrostemma githago* (A), *Caulis platycarpus* (B), *Galium tricornutum* (C), *Turgenia latifolia* (D), *Melampyrum arvense* (E) és *M. barbatum* (F).

4.4.11. Talajművelés mélysége és a rizsvetések konzervációbiológiai jelentősége

Annak ellenére, hogy mindössze 5 cm eltérés volt a sekély- és mélyművelés között, ez a változó mégis szignifikáns hatásúnak bizonyult a rizsvetések gyomnövényzetére (12. táblázat). Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a sekélyművelést általában tárcsás boronákkal és kultivátorokkal végezték, a mélyművelést azonban ekével. Az első esetben csak lazították és keverték a feltalajt, míg az ekével való szántás a talaj forgatásával járt együtt. A fonalas moszatok adták a legerősebb választ a mélyművelésre, míg a csillárkagyepek tagjai (a *Chara*, *Nitella* és *Najas* nemzetség fajai) a sekélyebb műveléssel társultak (13. táblázat). Jól ismert, hogy a talajban található propagulumok vertikális eloszlását befolyásolhatja a talajművelés mélysége, ami viszont hatással van a gyomok megjelenésének mintázatára (Chauhan & Johnson, 2009). A csillárkák (*Chara* és *Nitella* fajok) apró oospórái általában nem képesek a mélyebb rétegekből kihajtani (Bonis & Grillas, 2002), ezért megjelenésüket akadályozhatja, ha az oospóráik a mélyebb talajrétegekbe kerülnek. Az erősen kötött agyagtalajokon, energiatakarékosság és a gépek kímélésének céljából, a szántás nélküli művelés népszerűbb a hazai rizstermesztők körében, ami kedvező körülményeket teremthet a csillárkák számára. A fonalas moszatok mélyművelésre adott pozitív válaszána egyik lehetséges magyarázata, hogy a forgatással felhozott tápanyagok elősegíthetik az algavirágzás kialakulását és egyúttal visszafoghatják a csillárkákat, melyek nagyon érzékenyek a foszforra (Borhidi *et al.*, 2012). A fonalas moszatok szőnyege és a csillárkagyepek antagonisztikus jelleggel az alámerült vegetációs zóna dominanciájáért versengenek. Kutatásunk azt sugallja, hogy ennek a kompetíciónak a kimenetelét a művelési mélység és a tápanyagok jelentősen befolyásolhatják.

A rizstermesztés intenzifikációja előtt a hazai rizsföldek gazdag növényvilágnak biztosítottak élőhelyet (Ubrizsy, 1961). Tanulmányunk jelzi, hogy ezek a habitátok még napjainkban is viszonylag magas konzervációbiológiai értékkel rendelkeznek. Felmérésünk során az alábbi négy hazai vörös listás faj előfordulását regisztráltuk: *Elatine triandra*, *E. hungarica*, *Najas minor* és *Alisma gramineum*. Az alámerült, gyakran sűrű, gyepszerű állományokat alkotó csillárkák szintén jelentősek természetvédelmi szempontból. A szárazföldi növénytársulásokban az ismétlődő talajbolygatás csökkenti az évelő fajok versenyképességét, miáltal kedvező körülményeket teremthet a pionír növénytársulásoknak (Dierschke, 1994). A csillárkagyepek, melyek általában kiterjedt, monodomináns asszociációkat alkotnak a sekély természetes víztesteinkben (Borhidi *et al.*, 2012), szintén csak a pionír vízi körülmények között életképesek és általában eltűnnek a szukcesszió későbbi fázisaiban (Moor, 1986). A felmért rizsföldeken ezek a társulások unikális jellegű, változatos mikro-mozaikos mintázatokban

tenyészték (51. ábra). Eredményeink azt sugallják, hogy ezeket a társulásokat a forgatás nélküli sekélyművelés tartja fenn. Az ökológiai gazdálkodás, amely napjainkban kezd népszerűvé válni a hazai rizstermesztők körében, talán javítani fogja ezeknek a társulásoknak a jövőbeni fennmaradási esélyeit. Érdeemes megemlíteni, hogy az európai tavakban nagy erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy restaurálják a makrofiton növényzet (beleértve a csillárkák) állományait, mivel a biodiverzitás szempontjából nagy értéket képviselnek és jelentős szerepük van vízi ökoszisztémák stabilitásában is (Bakker *et al.*, 2013). A közép-európai vizenyős szántók – beleértve a rizsföldek – természetvédelmi fontosságát Lukács *et al.* (2013) is hangsúlyozták.



51. ábra. Csillárkagyep rizsvetésben.

5. Következtetések

A nyárutói gyomvegetáció tanulmányozásakor két, egymásnak ellentmondó hipotézis találkozott célkitűzéseinkben, az abiotikus és a gazdálkodási változók fontossági rangsorának megítélése szempontjából. Mivel felmérésünk meglehetősen nagy kiterjedésű területet fedett le, a hosszú klimatikus és edafikus gradiensek a környezeti tényezők nagyobb jelentőségét vetítették előre. Ezzel szemben, az intenzív művelési mód egyöntetűsége inkább a gazdálkodási változók kiemelt fontosságát feltételezte. Eredményeink arra utalnak, hogy még az intenzív növénytermesztési körülmények között is, az abiotikus tényezők a gazdálkodási változónál nagyobb szerepet játszanak a nyárutói szántóföldi gyomvegetáció fajösszetételének kialakítása szempontjából. Ámbár a herbicidek hatását nem tudtuk bevonni az elemzésünkbe, a tavaszi vegyszeres beavatkozások után valószínűleg elegendő idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy a nyárutói gyomvegetáció regenerálódni tudjon a talaj magbankjából. Az abiotikus környezeti változók kétszer több varianciahányadot képviseltek, mint a gazdálkodási változók. A tíz legfontosabb tényező között csak egy gazdálkodási változó volt, mégpedig a kultúrnövény típusa. Mindazonáltal, hangsúlyozni kell, hogy csak három kultúrnövény típust érintett a felvételezés egy rövid szezonális periódusban. Többféle kultúra felvételezése különböző időszakokban bizonyára növelte volna a gazdálkodási faktorok jelentőségét. A környezeti tényezők dominanciája a táblaszegélyekben nagyobb volt a táblabelsőkhöz viszonyítva, azt sugallva, hogy az intenzív növénytermesztés hatása mérséklődhet ezeken a helyeken.

A napraforgóvetések esetében a gyomszabályozási és az agrotechnikai tényezők által magyarázott varianciahányad meglehetősen hasonló nagyságrendűnek bizonyult. Míg a nyárutói gyomvegetáció vizsgálatánál a gazdálkodási változók (herbicidek nélkül) által magyarázott varianciahányad csak a környezeti változók révén magyarázott varianciahányad felével volt egyenértékű, a napraforgó esetében a gazdálkodási (agrotechnika és herbicidek együttesen) és a környezeti változók által magyarázott varianciahányad nagyságrendileg közelebb álltak egymáshoz. Ugyanakkor, ha tekintetbe vesszük, hogy a napraforgó intenzív termesztési módszereket igényel, és ennél a kultúránál csak a táblabelsőkre fókuszáltunk (ahol erősebb befolyással bírnak a gazdálkodási változók), az abiotikus környezeti tényezők által magyarázott jelentős varianciahányad így is meglepőnek tűnik. Ez azt sugallja, hogy a napraforgótáblakon elvégzett gazdálkodási tevékenységek sikerét komplex klimatikus és edafikus kényszerek is jelentősen befolyásolhatják.

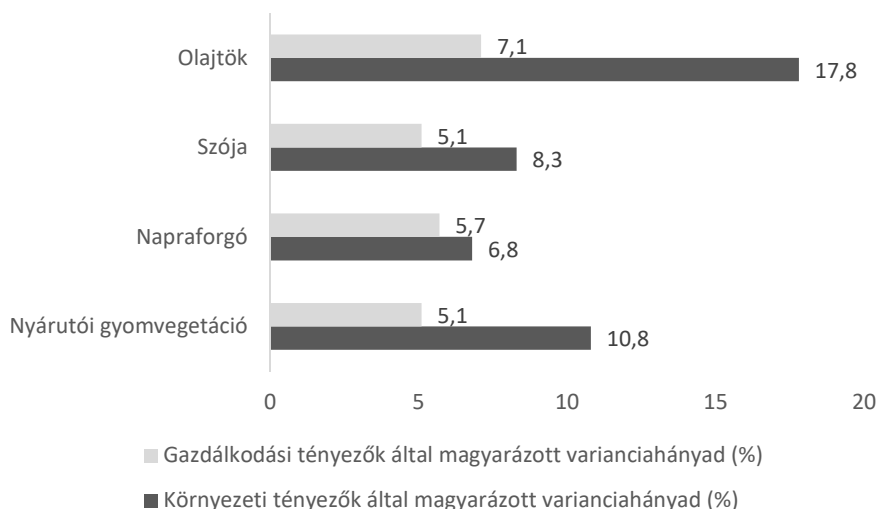
A mákvetések gyomtársulásainak fajösszetételét meghatározó tíz legfontosabb változó közül hat gazdálkodási és csak négy környezeti tényező volt. Mindez a máktermesztéshez kapcsolódó szigorú agrotechnikai és gyomszabályozási előírások betartásának és a mák szűk ökológiai tűrőképességének tulajdonítható. Ez utóbbi következtében az abiotikus tényezők relatíve rövid ökológiai gradiensekben nyilvánultak meg.

A szójvetések tanulmányozása során a legfontosabb hét prediktor között öt az abiotikus környezeti változók közül került ki, és összesen kilenc abiotikus tényezőnek volt szignifikáns hatása a gyomvegetációra. Szembetűnő a környezeti tényezők változatosabb és hangsúlyosabb jelenléte a gyomösszetételt szignifikánsan befolyásoló összetevők között, ahhoz képest, amit a mák és a napraforgó esetében tapasztaltunk, ahol csak négy illetve három környezeti tényező bizonyult szignifikánsnak. Ennek potenciális magyarázata lehet, hogy a szóját hazánkban viszonylag hosszú klimatikus és talajtani gradiens mentén termesztik, kiváltképpen a mákhoz és napraforgóhoz viszonyítva. Ezenfelül, a zöldítési program keretében a szóját sokan a szélsőségesebb termőhelyeken is termesztik. Ennélfogva, a hosszabb környezeti gradiensek az adott környezeti tényezők nagyobb befolyását idézhették elő. Ezt az elméletet a szójaadatok variancia-partícionálásának eredményei is alátámasztották, amely a környezeti tényezők dominanciáját mutatta az agrotechnikai és gyomszabályozási változók felett. Még abban az esetben is, amikor az agrotechnikai és gyomszabályozási tényezőket a „gazdálkodási faktorok” alatt egyesítettük, feltűnően nagyobb volt a környezeti hatás. Ezek az eredmények azt sugallják, hogyha egy tanulmányban hosszú környezeti gradiensek adóttak, akkor csökkenhet a gazdálkodási tényezők fontossága.

Várakozásainknak megfelelően, – a hosszú környezeti gradiensek miatt – az abiotikus tényezők hatása lett a legfontosabb az olajtökvetések gyomnövényzetének kialakulásában is. Ezenfelül, sikerült kimutatnunk, hogy a nem vegyszeres gazdálkodási módok szintén szignifikáns mértékben befolyásolták a gyomflóra összetételét. Bár az elemzésünk, a herbicidkezelések némi befolyását is dokumentálta, a variancia-partícionálás a vegyszeres és mechanikai gyomszabályozás csaknem egyenlő mértékű fontosságát tárta fel. Továbbá kimutatta, hogy a nem vegyszeres gazdálkodásnak sokkal nagyobb a viszonylagos hatása a gyomnövényzetre, mint a vegyszeres eljárásoknak.

Mivel a vizsgált kultúrák közül az olajtököt termesztik a legkisebb mértékű kemizációval, ez is hozzájárulhatott ahhoz, hogy ebben a kultúrában magyarázzák az abiotikus tényezők a legnagyobb varianciahányadot a gazdálkodási tényezők által magyarázott

varianciához viszonyítva (52. ábra). A nyárutói gyomvegetáció adatainak elemzésébe nem kerültek bele a herbicidek, ami vélhetően közreműködött abban, hogy itt is több mint kétszeres ez az arány az ökológiai tényezők javára. A napraforgóban mutattuk ki a legkisebb eltérést a két változócsoporthoz tartozó varianciához viszonyítva, ami azzal is összefüggésben állhat, hogy ennél az elemzésnél nem vettük be a környezeti prediktorok hatását felerősítő táblaszegélyeket.



52. ábra. A gazdálkodási és környezeti tényezők által magyarázott százalékos varianciához a tanulmányozott kultúrákban.⁷

A gazdálkodási tényezők viszonylagos gyengébb befolyásának ellenére, a legtöbb gondot okozó gyomnövényeknek az agrotechnikai és gyomszabályozási változókra adott válaszaiból hasznos információkat nyerhetünk a célzott gyomszabályozási stratégiák kidolgozásakor. A mákban és a napraforgóban például különösen fontos az ideális elővetemény megválasztása. A szójában a gyorsan záródó állomány biztosítása keskeny sortávolság alkalmazásával hatékony eszköznek tűnik a gyomok széles spektrumával szemben. Annak ellenére, hogy a töknövény alacsony termete és az ebből adódó gyenge gyomelnyomó képessége előnytelen lehet némely agrotechnikai eljárások kimenetele szempontjából, tanulmányunk azt sugallja, hogy az olajtök „környezetbarátabb” módon is sikeresen termesztendő. A rizsvetések esetében a megfelelő herbicid- és műtrágyaadagok alkalmazásán túlmenően a sűrűbb kultúrállomány létrehozásának és a májusi vízmélység helyes beállításának van a legfontosabb szerepe a problémagyomok visszaszorításában. A legtöbb vizsgált

⁷ A variancia-partícionálás során feltárt adatok alapján.

kultúrában az eltérő fényviszonyok és az eltérő gazdálkodási intenzitás következtében a szegélyek és a táblabelsők gyomvegetációja lényegesen különbözhet, és az ártalmas gyomnövények tömeges jelenléte esetén a gyomszabályozási stratégiáknak a szegélyeket is meg kellene célozniuk.

A CART elemzésünk eredményei azt mutatták, hogy az *Ambrosia artemisiifolia* előfordulását és tömegességét meghatározó legfontosabb gazdálkodási tényezők a kultúrnövény típusa és borítása, míg a leglényegesebb abiotikus tényezők a fizikai talajféleség, a talaj pH, a talaj Na-, K- és Mn-tartalma, a májusi átlaghőmérséklet, valamint az évi és áprilisi átlagos csapadékösszegek lettek. Hazánkban elsősorban a szakszerűtlen vagy hanyag gazdálkodást okolják a parlagfű nagyarányú térhódítása miatt, azonban a kutatásunk igazolta, hogy a parlagfű szempontjából különösen kedvezőek a Kárpát-medence edafikus és klimatikus viszonyai. Amennyiben feltételezzük, hogy a jelenlét/hiány adatok informatívabbak, mint a becsült borítási értékek, eredményeink azt is sugallják, hogy bizonyos talajtényezők fontosabbak lehetnek bármelyik vizsgált gazdálkodási változónál. Ezért a környezeti tényezők hatását is figyelembe kellene venni a gyomszabályozási stratégiák kidolgozása folyamán. A gazdálkodóknak kerülni kellene a napraforgó termesztését homoktalajokon, valamint elsősorban a sűrűbb kultúrnövény-állományok kialakításával, és a szegélyek esetleges lekaszásával csökkenthetik a parlagfűfertőzés mértékét.

Általános következtetésként megállapítható, hogy még az intenzíven művelt szántókon is, a gyomvegetáció fajösszetételének kialakulásában a környezeti tényezők általában fontosabb szerepet játszanak, mint a gazdálkodási faktorok. Az egyes tényezők fontosságának összegző rangsorolására és ezekből általános érvényű törvényszerűségek megállapítására azonban csak korlátozott mértékben kínálkozik lehetőség, hiszen minden egyes tanulmány sajátos körülményekkel, az ökológiai és gazdálkodási tényezők specifikus komplexitásával és sokféleségével találkozunk. Az eredményeket az elemzésbe bevont tényezők, valamint a kitűzött célok is nagymértékben befolyásolhatják. Egy aspektus és egyetlen vetésidőszak vizsgálatával eleve kiesik a szezonális, és ugyanez történik a kultúrnövény típusával, ha csak egy kultúrnövény adott. Mindazonáltal ez utóbbi esetben felerősödhet más gazdálkodási tényezők befolyása, hiszen ekkor általában részletesebb, ilyen jellegű adatgyűjtés is történik. Az adott tényező túlzott sokfélesége is hátrányosan befolyásolhatja hatásának nyomon követhetőségét, például, ha emiatt a herbicideket ki kell hagyni az analízisből. Mindazonáltal, a korrelációs statisztikai modellek alkalmazásakor, a gradiens hossza nyilvánvaló pozitív eltolódást fejt ki

hatásának erősségén, és könnyű belátni, hogy az ökológiai gradiensek hosszát elsődlegesen a felvételezett kultúrnövény ökológiai tűrőképessége határozza meg.

Sikerült bebizonyítanunk, hogy az extenzív kalászos vetések jelentősen több ritka és veszélyeztetett gyomnövénynek biztosítanak élőhelyet, mint az intenzíven műveltek. A tarlókon a ritka fajok térfoglalása a N-műtrágyázás mértékével van összefüggésben. A jellegdivergencia társulási mintázatokon alapuló funkciós jelleg-elemzések révén betekintést nyerhettünk ezen trendek hátterébe. A kalászos vetésekben az extenzív gazdálkodással társuló fajoknak rövid volt a virágzási periódusuk, valamint nagy vagy apró magvakkal rendelkeztek, ellenben a tarlók esetében nem sikerült funkciós trendeket kimutatnunk az intenzifikációs gradiensek mentén. A közepes termettel, legnagyobb magvakkal és legrövidebb virágzási periódussal rendelkező csoport azonosítható a hazánkban leginkább veszélyeztetett és eltűnőben lévő, kalászos vetésekre egykor jellemző gyomnövényekkel. Ezeket a megállapításokat figyelembe kellene venni a ritka gyomnövények megőrzését célzó stratégiai programok kidolgozása során.

Fontos megjegyeznünk, hogy az extenzíven művelt kalászos vetéseken kívül a rizsvetések is viszonylag magas konzervációbiológiai értékkel rendelkeznek. Úgy tűnik, hogy az általunk felfedezett unikális vízi növénytársulásokat a forgatás nélküli sekélyművelés tartja fenn.

6. Összegzés

Értekezésem 947 szántóföldre kiterjedő gyomfelvételezésen és adatsoraik elemzésein alapul. Kutatómunkám alapvető célja az volt, hogy különböző kultúrákban azonosítsam a gyomnövényzet fajösszetételét jelentősen befolyásoló abiotikus és gazdálkodási tényezőket. A disszertációmban leírt megállapítások új információkat nyújthatnak a gyomtársulások szerveződésének mélyebb megértéséhez, és az egyes gyomfajok ökológiai viselkedésének alaposabb megismeréséhez. Eredményeim hasznos ismeretekkel szolgálhatnak a ritka fajok megőrzését célzó programok kidolgozásához, és egyúttal az ártalmas gyomnövények gyérítése érdekében tervezett védekezési stratégiák optimalizálásához. Legfontosabb eredményeim és megállapításaim a következők:

- ✿ Kimutattuk, hogy a kalászos vetések gyomnövényzetének fajösszetételében a legnagyobb varianciát az extenzív és intenzív gazdálkodási módok közötti különbségek és a kultúrnövény borítása okozták. Számos faj pozitívan asszociálódott az extenzíven művelt kisparcellákkal, ellenben egyetlen faj sem társult a kétféle intenzív termesztési móddal. A vörös listás és rovarmegporzású gyomfajok sokkal gyakrabban fordultak elő az extenzíven művelt szántókon.
- ✿ Megállapítottuk, hogy a nyárutói gyomvegetáció fajösszetételének kialakításában a legfontosabb szerepet játszó faktorok a következők voltak: szegélyhatás, évi átlaghőmérséklet, kultúrnövény típusa, évi csapadékösszeg átlaga, talajszerkezet, szomszédos élőhely, tengerszint feletti magasság, talaj pH, valamint a talaj Na- és K-tartalma. Az abiotikus környezeti tényezők kétszer több varianciáért voltak felelősek, mint a gazdálkodási tényezők, azonban ez utóbbiak relatív hatása nagyobb volt a szántóföldek belsejében, mint a szegélyekben.
- ✿ Dokumentáltuk, hogy a napraforgóvetésekben a talaj Mg- és Ca-tartalma, az elővetemény, az évi átlaghőmérséklet és a táblaméret hatása bizonyult szignifikánsnak. A környezeti tényezők által magyarázott jelentős varianciahányad azt sugallja, hogy a gyomszabályozási stratégiák sikere nagymértékben függ a klimatikus és talajtani tényezőktől is.
- ✿ Feltártuk, hogy a mákvetések esetében a legfontosabb magyarázó változó a vetésidő volt, a tavaszi alkaloida és az őszi vetésű étkezési mákvetések gyomnövényzetének összetétele élesen elkülönült egymástól. A további szignifikáns hatású gazdálkodási változók a következők voltak: elővetemény, mezotrion és izoxaflutol herbicid-

hatóanyagok, nitrogén-műtrágyázás és sortávolság. A hat gazdálkodási tényező mellett mindössze négy abiotikus tényező befolyása bizonyult szignifikánsnak: az évi átlaghőmérséklet, talajszerkezet, valamint a talaj Mg- és Ca-tartalma. Ez az arány valószínűleg a komplex gazdálkodási eljárásoknak, valamint a más viszonylag szűk ökológiai tűrőképességének következtében megnyilvánuló rövid környezeti gradienseknek tulajdonítható.

- ☼ Kimutattuk, hogy a szójavesztések gyomösszetétele szempontjából a szegélyhatás bizonyult a legfontosabb magyarázó változónak, melyet abiotikus (hőmérséklet, csapadék, tengerszint feletti magasság; a talaj kötöttsége, pH-ja, Ca-, K-, Na- és humusztartalma), agrotechnikai (fajta éréscsoport, szerves trágya, P- és N-műtrágya, sortávolság) és gyomszabályozási (flumioxazin, pendimetalin, dimetenamid, linuron, propaquizafop, bentazon, quizalofop-p-tefuril, quizalofop-p-etil, tifenszulfuron) változók követték. A környezeti tényezők hozzávetőlegesen négyszer több varianciát magyaráztak, mint az agrotechnikai és 2,5-ször többet, mint a gyomszabályozási változók.
- ☼ Megállapítottuk, hogy az olajtökvetésekben a környezeti tényezők határozták meg a legtöbb varianciát, a klimatikus változók (csapadék és hőmérséklet) legnagyobb befolyásával. Hét nem vegyszeres gazdálkodási faktornak (elővetemény, N- és P-műtrágyák, vetőmag mennyisége, kultúrnövény borítása, sorközművelő kultivátorozás és kézi gyomirtás), valamint két herbicidnek (S-metolaklór és linuron) szintén szignifikáns lett a hatása. A variancia-partícionálás a környezeti tényezők jelentős dominanciáját tárta fel, és azt is jelezte, hogy a nem vegyszeres gazdálkodás ötször több varianciáért volt felelős, mint a herbicidek; továbbá, hogy az agrotechnikai változók relatív hatása csaknem 5-ször nagyobb volt a mechanikai gyomszabályozásénál.
- ☼ Feltártuk, hogy még az intenzíven művelt szántókon is, a gyomvegetáció fajösszetételének kialakulásában a környezeti tényezők általában fontosabb szerepet játszanak, mint a gazdálkodási faktorok. Mindazonáltal, a korrelációs statisztikai modellek alkalmazásakor, a gradiens hossza nyilvánvaló pozitív eltolódást fejt ki hatásának erősségén, és könnyű belátni, hogy az ökológiai gradiensek hosszát elsődlegesen a felvételezett kultúrnövény ökológiai tűrőképessége határozza meg.
- ☼ Rámutattunk, hogy a rizsvetésekben a kultúrnövény borítása lett a legfontosabb változó, mely után rangsor szerint az alábbi tényezők következtek: penoxszulam &

azimszulfuron, talajművelés mélysége, P- és K-műtrágyák, az utolsó vetésváltás után eltelt évek száma, májusi vízmélység, vetéstípus, pendimetalin és a víz vezetőképessége. Eredményeink azt sugallják, hogy a természetvédelmi szempontból jelentős, alámerült csillárkagyeppek állományait a forgatás nélküli sekélyművelés tartja fenn.

- ✿ Igazoltuk, hogy az *Ambrosia artemisiifolia* térfoglalása a nyárutói gyomvegetációban szignifikánsan nagyobb volt a szántók szegélyében, a szántók belsejéhez viszonyítva. A faj előfordulását és tömegességét meghatározó legfontosabb gazdálkodási tényezők a kultúrnövény típusa és a kultúrnövény borítása voltak. Legnagyobb parlagfű-fertőzöttséget a napraforgóvetésekben és azokon a termőföldeken találtunk, ahol alacsony volt a termesztett növény borítása. Számos, fontos abiotikus tényezőt is sikerült azonosítanunk. A parlagfű borítása szignifikánsan magasabb volt homokon, savanyú talajokon; azokon a területeken, ahol az áprilisi átlagos csapadék nagyobb, mint 39 mm; az évi csapadékösszeg átlaga nagyobb, mint 592 mm; továbbá az átlagos májusi hőmérséklet alacsonyabb 15,5 °C-nál. A parlagfű borítása szignifikánsan alacsonyabb volt, ha a talajban magas volt a Na-, K- és Mn-koncentrációja.
- ✿ Számos összefüggést feltártunk a vizsgált kultúrák jelentős gyomfajainak tömegessége, valamint egyes abiotikus és gazdálkodási változók között. A rizsben például pozitív asszociálódást találtunk a fonalas moszatok borítása, valamint a művelési mélység, a vízmélység és a felületre vetés között; az *Echinochloa crus-galli* nagyobb térfoglalása alacsony rizsborítással, sekély vízmélységgel és a vetésváltás után eltelt évek emelkedő számával volt összefüggésben; míg a rizs (*Oryza sativa*) gyomosító alakja magas kultúrnövény-borítással, mély vízállással és talajba vetéssel asszociálódott. A szójában a *Chenopodium album* bázikus és káliumban gazdag talajokkal; a mákban a *Papaver rhoeas* az őszi vetésidőszakkal és a keskenyebb sortávolsággal; míg napraforgóban a *Xanthium italicum* a magasabb hőmérséklettel és kalciumban szegényebb, de káliumban gazdagabb talajokkal asszociálódott. Az olajtökvetésekben a *Chenopodium polyspermum* és az *Ambrosia artemisiifolia* a csapadékkal, míg a *Datura stramonium* és a *Hibiscus trionum* a hőmérséklettel volt pozitív korrelációban; a nagyobb vetőmagmennyiség és a sűrűbb kultúrnövényzet elnyomta az *Amaranthus retroflexus* populációit, a sorközművelő kultivátorozások jól gyérítették az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Setaria pumila* állományait, míg a szembetűnő, magasnövésű gyomok, mint pl. az *Abutilon theophrasti* és a *Chenopodium album* tűntek leginkább sebezhetőnek a kézi gyomszabályozások során.

-  Rámutattunk, hogy a gyomszabályozási stratégiák optimalizálásának érdekében a mákban és a napraforgóban különösen fontos az ideális elővetemény megválasztása. A szójában a gyorsan záródó állomány biztosítása keskeny sortávolság alkalmazásával hatékony eszköznek tűnik a gyomok széles spektrumával szemben. Annak ellenére, hogy a töknövény alacsony termete és az ebből adódó gyenge gyomelnyomó képessége előnytelen lehet némely agrotechnikai eljárások kimenetele szempontjából, rávilágítottunk, hogy az olajtök „környezetbarátabb” módon is sikeresen termesztethető. A rizsvetések esetében a megfelelő herbicid- és műtrágyaadagok alkalmazásán túlmenően a sűrűbb kultúrállomány létrehozásának és a májusi vízmélység helyes beállításának van a legfontosabb szerepe a problémagyomok visszaszorításában. A legtöbb vizsgált kultúrában az eltérő fényviszonyok és az eltérő gazdálkodási intenzitás következtében a szegélyek és a táblabelsők gyomvegetációja lényegesen különbözhet, és az ártalmas gyomnövények tömeges jelenléte esetén a gyomszabályozási stratégiáknak a szegélyeket is meg kellene célozniuk.
-  A kalászos vetések esetében az intenzifikációra adott válaszokat legjobban az a funkcióosztályozás írta le, amely a fajok virágzási időtartamán, maximális magasságán és a magtömegen alapult. Az extenzíven művelt vetésekre jellemző gyomok rövid virágzási periódussal és sajátosan nagy vagy kicsi magokkal rendelkeztek. A ritka fajok legnagyobb részesedése történetesen ezekre a csoportokra volt jellemző. Feltártuk, hogy a közepes termettel, legnagyobb magvakkal és legrövidebb virágzási periódussal rendelkező csoport azonosítható a hazánkban leginkább veszélyeztetett és eltűnőben lévő szegétális gyomnövényekkel.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm az értekezés alapjául szolgáló közleményekben közreműködő szerzőtársaimnak, Botta-Dukát Zoltánnak, Czucz Bálintnak, Lengyel Attilának, Richard Guntonnak, Milan Chytrynek, Karácsony Péternek, Pál Róbertnek, Mesterházy Attilának, Csiky Jánosnak, Tóth Kálmánnak, Magyar Lászlónak, Nagy Katalinnak, Blazsek Katinkának és Tari Lászlónak a közös munka során tőlük kapott segítséget. A dolgozatban szereplő térképek elkészítésében nyújtott segítségért köszönet illeti Milics Gábort, a módszertani vonatkozások lektorálásáért pedig Lengyel Attilát.

Hálával tartozom a szakmai együttműködésért további szerzőtársaimnak; tanárainak, akik felkeltették a gyomnövények iránti érdeklődésemet (elsősorban Werner Ervinnek, Csiba Lászlónak és Czimber Gyulának); valamint mindazoknak, akik tanácsokkal támogatták munkámat. Köszönet illeti azokat a munkatársakat, akik segítettek a felmérésekbe bevont termelők felkeresésében; továbbá a gazdálkodókat, akik hozzájárultak ahhoz, hogy szántóföldjeiken gyomfelvételezést végezzünk; és tanítványaimat, akik segédkeztek a terepi munkálatok során.

Az értekezésben szereplő kutatásokat az alábbi pályázatok támogatták: OTKA F038119, OTKA K111921, FVM 12.932/1/2009, és „*OECD Co-operative Research Programme: Biological Resource Management for Sustainable Agricultural Systems in 2013*”.

8. Irodalomjegyzék

- ANDREASEN C & SKOVGAARD IM (2009) Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **133**, 61–67.
- ANDREASEN C, STREIBIG J & HAAS H (1991) Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. *Weed Research* **31**, 181–187.
- ANDREASEN C & STRYHN H (2012) Increasing weed flora in Danish beet, pea and winter barley fields. *Crop Protection* **36**, 11–17.
- ARI I (2009) Csatlakozásunk véttlen áldozata a mák. *Az Európai Unió agrárgazdasága* **14**, 22–25.
- ARMENGOT L, BLANCO-MORENO JM, BÀRBERI P, *et al.* (2016) Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **222**, 276–285.
- ARMENGOT L, JOSE-MARIA L, BLANCO-MORENO JM, ROMERO-PUENTE A & XAVIER SANS F (2011) Landscape and land-use effects on weed flora in Mediterranean cereal fields. *Agriculture Ecosystems & Environment* **142**, 311–317.
- BAKKER ES, SARNEEL JM, GULATI RD, LIU Z & VAN DONK E (2013) Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. *Hydrobiologia* **710**, 23–37.
- BALIKÓ S (2015) *Szójatermesztés korszerűen*. Galldorf Zrt., Hernád, Hungary.
- BASSETT I & CROMPTON C (1975) The biology of Canadian weeds. 11 – *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Ambrosia psilostachya* DC. *Canadian Journal of Plant Science* **55**, 463–476.
- BELL CE, BOUTWELL BE, OGBUCHIEKWE EJ & MCGIFFEN ME (2000) Weed control in carrots: The efficacy and economic value of linuron. *Hortscience* **35**, 1089–1091.
- BELTRAN JC, PANNELL DJ & DOOLE GJ (2012) Economic implications of herbicide resistance and high labour costs for management of annual barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Philippine rice farming systems. *Crop Protection* **31**, 31–39.
- BHAGAT RM, BHUIYAN SI & MOODY K (1996) Water, tillage and weed interactions in lowland tropical rice: A review. *Agricultural Water Management* **31**, 165–184.
- BLACKSHAW RE, ANDERSON RL & LEMERLE D (2007) Cultural weed management. In: *Non-chemical weed management: principles, concepts and technology* (eds M.K. Upadhyaya), & R.E. Blackshaw), pp. 35–47. CAB International, Agriculture and Agri-Food Canada.
- BLACKSHAW RE & MOLNAR LJ (2009) Phosphorus fertilizer application method affects weed growth and competition with wheat. *Weed Science* **57**, 311–318.
- BOHAN DA, POWERS SJ, CHAMPION G, *et al.* (2011) Modelling rotations: can crop sequences explain arable weed seedbank abundance? *Weed Research* **51**, 422–432.
- BOHN H, MCNEAL B & O'CONNOR G (1979) *Soil Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc, Toronto.
- BOHREN C, MERMILLOD G & DELABAYS N (2008) *Ambrosia artemisiifolia* L. - Control measures and their effects on its capacity of reproduction. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 311–316.
- BONIS A & GRILLAS P (2002) Deposition, germination and spatio-temporal patterns of charophyte propagule banks: a review. *Aquatic Botany* **72**, 235–248.
- BOOTH BD & SWANTON CJ (2002) Assembly theory applied to weed communities. *Weed Science* **50**, 2–13.
- BORCARD D, GILLET F & LEGENDRE P (2011) *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, Dordrecht, London, Heidelberg.
- BORHIDI A (1993) *Social behaviour types of the Hungarian flora, its naturalness and relative ecological indicator values*. Janus Pannonius University, Pécs.
- BORHIDI A, KEVEY B & LENDVAI G (2012) *Plant communities of Hungary*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.
- BORNETTE G & PUJALON S (2011) Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences* **73**, 1–14.
- BOZIC D, SARIC M, MALIDZA G, RITZ C & VRBNICANIN S (2012) Resistance of sunflower hybrids to imazamox and tribenuron-methyl. *Crop Protection* **39**, 1–10.
- TER BRAAK C & SMILAUER P (2002) *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination Version 4.5*. Microcomputer Power, Ithaca NY.
- BRANDES D & NITZSCHE J (2007) Verbreitung, Ökologie und Soziologie von *Ambrosia artemisiifolia* L. in Mitteleuropa. *Tuexenia* **27**, 167–194.
- BREIMAN L, FREIDMAN J, OLSHEN R & STONE C (1984) *Classification and Regression Trees*. Wadsworth, Belmont.
- BROWN D & MASIUNAS J (2002) Evaluation of herbicides for pumpkin (*Cucurbita* spp.). *Weed Technology* **16**, 282–292.
- CAPERS RS, SELSKY R & BUGBEE GJ (2010) The relative importance of local conditions and regional processes in structuring aquatic plant communities. *Freshwater Biology* **55**, 952–966.

- CATON BP, FOIN TC & HILL JE (1999) A plant growth model for integrated weed management in direct-seeded rice - I. Development and sensitivity analyses of monoculture growth. *Field Crops Research* **62**, 129–143.
- CHACHALIS D, KORRES N & KHAH EM (2008) Factors affecting seed germination and emergence of Venice mallow (*Hibiscus trionum*). *Weed Science* **56**, 509–515.
- CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2009) Influence of tillage systems on weed seedling emergence pattern in rainfed rice. *Soil & Tillage Research* **106**, 15–21.
- CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2010) Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. *Field Crops Research* **117**, 177–182.
- CHAUHAN BS & JOHNSON DE (2011) Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. *Crop Protection* **30**, 1385–1391.
- CHAUHAN BS, SINGH VP, KUMAR A & JOHNSON DE (2011) Relations of rice seeding rates to crop and weed growth in aerobic rice. *Field Crops Research* **121**, 105–115.
- CHAUVEL B, DESSAINT F, CARDINAL-LEGRAND C & BRETAGNOLLE F (2006) The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records. *Journal of Biogeography* **33**, 665–673.
- CHUN YJ, FUMANAL B, LAITUNG B & BRETAGNOLLE F (2010) Gene flow and population admixture as the primary post-invasion processes in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations in France. *New Phytologist* **185**, 1100–1107.
- CIMALOVÁ S & LOSOSOVÁ Z (2009) Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition. *Plant Ecology* **203**, 45–57.
- CIRUJEDA A, AIBAR J & ZARAGOZA C (2011) Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy for Sustainable Development* **31**, 675–688.
- CLOUTIER DC, WEIDE EY, PERUZZI A & LEBLANC ML (2007) Mechanical weed management. In: *Non-chemical weed management: principles, concepts and technology* (eds M.K. Upadhyaya, & R.E. Blackshaw), pp. 111–134. CAB International, Agriculture and Agri-Food Canada.
- COBER ER & MORRISON MJ (2011) Short-season soybean genetic improvement evaluated in weed-free and weedy conditions. *Crop Science* **51**, 2582–2588.
- CRAWLEY M (2007) *The R Book*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- CSAPODY V (1953) A rizis gymnövényei. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici* **45**, 35–45.
- CSONTOS P, ANGYAL Z, CHMURA D, NAGY J, HALBRITTER A & TAMÁS J (2015) New stand of invasive neophyte *Ambrosia artemisiifolia* L. and its potential reproduction. *Polish Journal of Ecology* **63**, 453–459.
- CSONTOS P, VITALOS M, BARINA Z & KISS L (2010) Early distribution and spread of *Ambrosia artemisiifolia* in Central and Eastern Europe. *Botanica Helvetica* **120**, 75–78.
- DENK V & BERG C (2014) Do short-lived ruderal and arable weed communities reflect regional climate differences? A case study from SE Styria. *Tuexenia*, 305–328.
- DIERSCHKE H (1994) *Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden*. Ulmer, Stuttgart.
- DITOMMASO A (2004) Germination behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations across a range of salinities. *Weed Science* **52**, 1002–1009.
- DOUCET C, WEAVER SE, HAMILL AS & ZHANG JH (1999) Separating the effects of crop rotation from weed management on weed density and diversity. *Weed Science* **47**, 729–735.
- DREWS S, NEUHOFF D & KÖPKE U (2009) Weed suppression ability of three winter wheat varieties at different row spacing under organic farming conditions. *Weed Research* **49**, 526–533.
- EBERDORFER D (2016) Ölkürbis mit Erfolg anbauen. *Der Pflanzenarzt* **69**, 17–20.
- ELEZOVIC I, DATTA A, VRBNICANIN S, *et al.* (2012) Yield and yield components of imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus* L.) are influenced by pre-emergence herbicide and time of post-emergence weed removal. *Field Crops Research* **128**, 137–146.
- ELSEN T & SCHELLER U (1995) Zur Bedeutung einer stark gegliederten Feldflur für Ackerwildkraut-Gesellschaften, Beispiele aus Thüringen und Nordhessen. *Natur und Landschaft* **70**, 62–72.
- EL-SHEIKH MA (2013) Weed vegetation ecology of arable land in Salalah, Southern Oman. *Saudi Journal of Biological Sciences* **20**, 291–304.
- ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E, LANTOS ZS, VARGA-HASZONITS Z & VARGA Z (2011) Determination of winter barley yield by the aim of multiplicative successive approximation. *Időjárás* **115**, 167–178.
- ESSL F, DULLINGER S & KLEINBAUER I (2009) Changes in the spatio-temporal patterns and habitat preferences of *Ambrosia artemisiifolia* during its invasion of Austria. *Preslia* **81**, 119–133.
- FAOSTAT (2014) Available at: <http://faostat.fao.org/>
- FARAGÓ S (1997) *Élőhelyfejlesztés az apróvadgazdálkodásban*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- FARKAS G (2015) Az olajtök gyomszabályozása. *Növényvédelem* **51**, 232–234.
- FOLLAK S & ESSL F (2013) Spread dynamics and agricultural impact of *Sorghum halepense*, an emerging invasive species in Central Europe. *Weed Research* **53**, 53–60.

- FOX J & MONETTE G (1992) Generalized collinearity diagnostics. *Journal of the American Statistical Association* **87**, 178–183.
- FRANK J (1999) *A napraforgó biológiája, termesztése*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- FRIED G, CHAUVEL B & REBOUD X (2009a) A functional analysis of large-scale temporal shifts from 1970 to 2000 in weed assemblages of sunflower crops in France. *Journal of Vegetation Science* **20**, 49–58.
- FRIED G, CHAUVEL B & REBOUD X (2015) Weed flora shifts and specialisation in winter oilseed rape in France. *Weed Research* **55**, 514–524.
- FRIED G, KAZAKOU E & GABA S (2012) Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices. *Agriculture Ecosystems & Environment* **158**, 147–155.
- FRIED G, NORTON LR & REBOUD X (2008) Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture Ecosystems & Environment* **128**, 68–76.
- FRIED G, PETIT S, DESSAINT F & REBOUD X (2009b) Arable weed decline in Northern France: Crop edges as refugia for weed conservation? *Biological Conservation* **142**, 238–243.
- FRIEDMAN J & BARRETT SC (2008) High outcrossing in the annual colonizing species *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae). *Annals of Botany* **101**, 1303–1309.
- FRUHWIRTH GO & HERMETTER A (2008) Production technology and characteristics of Styrian pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* **110**, 637–644.
- FUENTE EB, SUAREZ SA & GHERSA CM (2006) Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). *Agriculture Ecosystems & Environment* **115**, 229–236.
- FUMANAL B, CHAUVEL B, SABATIER A & BRETAGNOLLE F (2007) Variability and cryptic heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* seeds: What consequences for its invasion in France? *Annals of Botany* **100**, 305–313.
- FUMANAL B, GAUDOT I & BRETAGNOLLE F (2008a) Seed-bank dynamics in the invasive plant, *Ambrosia artemisiifolia* L. *Seed Science Research* **18**, 101–114.
- FUMANAL B, GIROD C, FRIED G, BRETAGNOLLE F & CHAUVEL B (2008b) Can the large ecological amplitude of *Ambrosia artemisiifolia* explain its invasive success in France? *Weed Research* **48**, 349–359.
- FUMANAL B, PLENCHETTE C, CHAUVEL B & BRETAGNOLLE F (2006) Which role can arbuscular mycorrhizal fungi play in the facilitation of *Ambrosia artemisiifolia* L. invasion in France? *Mycorrhiza* **17**, 25–35.
- GABA S, CHAUVEL B, DESSAINT F, BRETAGNOLLE V & PETIT S (2010) Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agriculture Ecosystems & Environment* **138**, 318–323.
- GABRIEL D, THIES C & TSCHARNTKE T (2005) Local diversity of arable weeds increases with landscape complexity. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* **7**, 85–93.
- GENTON BJ, SHYKOFF JA & GIRAUD T (2005) High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, as a result of multiple sources of introduction. *Molecular Ecology* **14**, 4275–4285.
- GIBSON DJ, GAGE KL, MATTHEWS JL, *et al.* (2013) The effect of weed management systems and location on arable weed species communities in glyphosate-resistant cropping systems. *Applied Vegetation Science* **16**, 676–687.
- GLEMNITZ M, RADICS L, HOFFMANN J & CZIMBER G (2006) Weed species richness and species composition of different arable field types – A comparative analysis along a climate gradient from South to North Europe. *Journal of Plant Diseases and Protection* **20**, 577–586.
- GOMAA NH (2012) Composition and diversity of weed communities in Al-Jouf province, northern Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* **19**, 369–376.
- GUERRERO I, MARTINEZ P, MORALES MB & ONATE JJ (2010) Influence of agricultural factors on weed, carabid and bird richness in a Mediterranean cereal cropping system. *Agriculture Ecosystems & Environment* **138**, 103–108.
- GUNTUN RM, PETIT S & GABA S (2011) Functional traits relating arable weed communities to crop characteristics. *Journal of Vegetation Science* **22**, 541–550.
- HANZLIK K & GEROWITT B (2011) The importance of climate, site and management on weed vegetation in oilseed rape in Germany. *Agriculture Ecosystems & Environment* **141**, 323–331.
- HARDER DB, SPRAGUE CL & RENNER KA (2007) Effect of soybean row width and population on weeds, crop yield, and economic return. *Weed Technology* **21**, 744–752.
- HASSANNEJAD S & GHAFARBI SP (2014) Weed flora survey in alfalfa (*Medicago sativa* L.) fields of Shabestar (northwest of Iran). *Archives of Agronomy and Soil Science* **60**, 971–991.
- HAWES C, SQUIRE GR, HALLETT PD, WATSON CA & YOUNG M (2010) Arable plant communities as indicators of farming practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **138**, 17–26.
- HEEGAARD E, BIRKS HH, GIBSON CE, SMITH SJ & WOLFE-MURPHY S (2001) Species-environmental relationships of aquatic macrophytes in Northern Ireland. *Aquatic Botany* **70**, 175–223.
- HENNEKENS SM & SCHAMINEE JHJ (2001) TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* **12**, 589–591.

- HERNÁNDEZ PLAZA E, NAVARRETE L & GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL (2015) Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **207**, 101–108.
- HJUMANS RJ, CAMERON SE, PARRA JL, JONES PG & JARVIS A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* **25**, 1965–1978.
- HILBIG W & BACHTHALER G (1992) Wirtschaftsbedingte Veränderungen der Segetalvegetation in Deutschland im Zeitraum von 1950–1990 (Teile 1 und 2). *Angewandte Botanik* **66**, 192–209.
- HMS (2001) *Magyarország éghajlati atlasza*. Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary.
- HOCK SM, KNEZEVIC SZ, MARTIN AR & LINDQUIST JL (2006) Soybean row spacing and weed emergence time influence weed competitiveness and competitive indices. *Weed Science* **54**, 38–46.
- HOFMEISTER H (1992) Ackerwildkrautschutz auf der Wernershöhe (Landkreis Hildesheim, Nordwest-Deutschland). *Tuexenia* **12**, 285–298.
- HOFMEISTER H & GARVE E (1998) *Lebensraum Acker*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Germany.
- HOLZNER W (1971) Niederösterreichs Ackervegetation als Umweltzeiger. *Die Bodenkultur* **22**, 397–417.
- HOLZNER W (1978) Weed species and weed communities. *Vegetatio* **38**, 13–20.
- HOLZSCHUH A, STEFFAN-DEWENTER I, KLEIJN D & TSCHARNTKE T (2007) Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* **44**, 41–49.
- HOTHORN T, HORNIK K & ZEILEIS A (2006) Unbiased recursive partitioning: A conditional inference framework. *Journal of Computational and Graphical Statistics* **15**, 651–674.
- HUANG S, PAN X, SUN Y, *et al.* (2013) Effects of long-term fertilization on the weed growth and community composition in a double-rice ecosystem during the fallow period. *Weed Biology and Management* **13**, 10–18.
- HÜPPE J & HOFMEISTER H (1990) Syntaxonomische Fassung und Übersicht über die Ackerunkrautgesellschaften der Bundesrepublik Deutschland. *Berichte der Reinhold Tüxen-Gesellschaft* **2**, 61–81.
- HYVÖNEN T & SALONEN J (2005) Biomass production of weeds in low-input and conventional cropping of cereals. *Biological Agriculture & Horticulture* **23**, 161–173.
- JABRAN K, FAROOQ M, HUSSAIN M, *et al.* (2012) Efficient weeds control with penoxsulam application ensures higher productivity and economic returns of direct seeded rice. *International Journal of Agriculture and Biology* **14**, 901–907.
- JOSE-MARIA L, BLANCO-MORENO JM, ARMENGOT L & XAVIER SANS F (2011) How does agricultural intensification modulate changes in plant community composition? *Agriculture Ecosystems & Environment* **145**, 77–84.
- JURSIK M, JANKU J, HOLEC J & SOUKUP J (2008) Efficiency and selectivity of herbicide Merlin 750 WG (isoxaflutole) in relation to dose and precipitation after application. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue* **21**, 555–560.
- KALOCSAI R (2006) A magnézium (Mg). UIS Ungarn GmbH <http://www.uis.hu/download/A%20magnezium.pdf>.
- KAMMLER KJ, WALTERS SA & YOUNG BG (2008) Halosulfuron tank mixtures and adjuvants for weed control in pumpkin production. *Hortscience* **43**, 1823–1825.
- KAZINCZI G, BÉRES I, NOVÁK R & KARAMÁN J (2009) Újra fókuszban az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Növényvédelem* **45**, 389–403.
- KAZINCZI G, BÉRES I, NOVÁK R & BÍRÓ K (2008a) Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): A review with special regards to the results in Hungary: I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. *Herbologia* **9**, 55–91.
- KAZINCZI G, BÉRES I, PATHY Z & NOVÁK R (2008b) Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): A review with special regards to the results in Hungary: II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, allelopathy and beneficial characteristics. *Herbologia* **9**, 93–118.
- KAZINCZI G, NOVÁK R, PATHY Z & BÉRES I (2008c) Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): A review with special regards to the results in Hungary: III. Resistant biotypes, control methods and authority arrangements. *Herbologia* **9**, 119–144.
- KEVE A, KASZAB Z & ZSÁK Z (1953) A fűj gazdasági jelentősége. *Annales Musei Naturalis Hungarici* **4**, 197–209.
- KIRÁLY G (ed) (2007) *Vörös Lista. A magyarországi edényes flóra veszélyeztetett fajai*. Sajtó Kiadás, Sopron.
- KIRÁLY G (ed) (2009) *Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei*. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő.
- KISS L & BÉRES I (2006) Anthropogenic factors behind the recent population expansion of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Eastern Europe: is there a correlation with political transitions? *Journal of Biogeography* **33**, 2156–2157.
- KLEIJN D & VANDERVOORT LAC (1997) Conservation headlands for rare arable weeds: The effects of fertilizer application and light penetration on plant growth. *Biological Conservation* **81**, 57–67.

- KNEZEVIC SZ, EVANS SP & MAINZ M (2003) Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* **17**, 666–673.
- KOLÁROVÁ M, TYSER L & SOUKUP J (2013) Impact of site conditions and farming practices on the occurrence of rare and endangered weeds on arable land in the Czech Republic. *Weed Research* **53**, 489–498.
- KOLÁROVÁ M, TYSER L & SOUKUP J (2014) Weed vegetation of arable land in the Czech Republic: environmental a management factors determining weed species composition. *Biologia* **69**, 443–448.
- KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI A, BATÁRY P, BÁLDI A & HARNOS A (2011) Interaction of local and landscape features in the conservation of Hungarian arable weed diversity. *Applied Vegetation Science* **14**, 40–48.
- KRAEHMER H, JABRAN K, MENNAN H & CHAUHAN BS (2016) Global distribution of rice weeds – A review. *Crop Protection* **80**, 73–86.
- KUKORELLI G, PINKE G & REISINGER P (2011) Az árvelelésű napraforgó (*Helianthus annuus* L.) gyomosításának mértéke napraforgóvetésekben 3-5 évvel a napraforgó elővetemény után. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* **12**, 35–50.
- LAMBERT SJ & DAVY AJ (2011) Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes. *New Phytologist* **189**, 1051–1059.
- LAVOIE C, JODOIN Y & DE MERLIS AG (2007) How did common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) spread in Quebec? A historical analysis using herbarium records. *Journal of Biogeography* **34**, 1751–1761.
- LEGENDRE P & GALLAGHER ED (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* **129**, 271–280.
- LELLEY T, LOY B & MURKOVIC M (2009) Hull-less oil seed pumpkin. In: *Oil crops*. Handbook of Plant Breeding. (eds J. Vollmann), & I. Rajcan), pp. 469–492. Springer Science Business Media, LLC.
- LEPS J & SMILAUER P (2003) *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LESKOVSEK R, DATTA A, SIMONCIC A & KNEZEVIC SZ (2012) Influence of nitrogen and plant density on the growth and seed production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Journal of Pest Science* **85**, 527–539.
- LITTERSKI B & JÖRNS S (2004) The effect of rye cultivation with low management intensity on flora and vegetation - an investigation in northeastern Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 65–72.
- LOSOSOVÁ Z, CHYTRY M, CIMALOVÁ S, *et al.* (2004) Weed vegetation of arable land in Central Europe: Gradients of diversity and species composition. *Journal of Vegetation Science* **15**, 415–422.
- LOSOSOVÁ Z, CHYTRY M, KUEHN I, *et al.* (2006) Patterns of plant traits in annual vegetation of man-made habitats in central Europe. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* **8**, 69–81.
- LOSOSOVÁ Z, CHYTRY M & KUEHN I (2008) Plant attributes determining the regional abundance of weeds on central European arable land. *Journal of Biogeography* **35**, 177–187.
- LUKÁCS BA, SRAMKÓ G & MOLNÁR A (2013) Plant diversity and conservation value of continental temporary pools. *Biological Conservation* **158**, 393–400.
- LUNDY ME, SPENCER DF, VAN KESSEL C, HILL JE & LINQUIST BA (2012) Managing phosphorus fertilizer to reduce algae, maintain water quality, and sustain yields in water-seeded rice. *Field Crops Research* **131**, 81–87.
- MAC KAY J & KOTANEN PM (2008) Local escape of an invasive plant, common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), from above-ground and below-ground enemies in its native area. *Journal of Ecology* **96**, 1152–1161.
- MADAI H & LAPIS M (2016) Profitable oil pumpkin production - as an alternative crop of greening. *Journal of Central European Green Innovation* **4**, 67–82.
- MÁJEKOVÁ J & ZALIBEROVÁ M (2014) Phytosociological study of arable weed communities in Slovakia. *Tuexenia* **34**, 271–303.
- MÁRKUS F (1994) *Extenzív mezőgazdaság és természetvédelmi jelentősége Magyarországon*. WWF, Budapest.
- MARR C, SCHAPLOWSKY T & CAREY T (2004) *Commercial vegetable production: pumpkins*. Kansas State University.
- MAS MT, VERDU AMC, KRUK BC, DE ABELLEYRA D, GUGLIELMINI AC & SATORRE EH (2010) Weed communities of transgenic glyphosate-tolerant soyabean crops in ex-pasture land in the southern Mesopotamic Pampas of Argentina. *Weed Research* **50**, 320–330.
- MEAKIN S (2007) *Crops for Industry. A Practical Guide to Non-Food and Oilseed Agriculture*. The Crowood Press, Ramsbury, UK.
- MEISS H, MÉDIÈNE S, WALDHARDT R, CANEILL J & MUNIER-JOLAIN N (2010) Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: implications for integrated weed management. *Agronomy for Sustainable Development* **30**, 657–666.
- MENALLED FD, LIEBMAN M & BUHLER DD (2004) Impact of composted swine manure and tillage on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) competition with soybean. *Weed Science* **52**, 605–613.

- MEYER S, WESCHE K, LEUSCHNER C, ELSSEN T & METZNER J (2010) A new conservation strategy for arable weed vegetation in Germany – the project “100 fields for biodiversity.” *Plant Breeding and Seed Science* **61**, 25–34.
- MOHAMMADI GR & AMIRI F (2011) Critical period of weed control in soybean (*Glycine max*) as influenced by starter fertilizer. *Australian Journal of Crop Science* **5**, 1350–1355.
- MOHSENI-MOGHADAM M & DOOHAN D (2015) Banana pepper response and annual weed control with S-metolachlor and clomazone. *Weed Technology* **29**, 544–549.
- DE MOL F, VON REDWITZ C & GEROWITT B (2015) Weed species composition of maize fields in Germany is influenced by site and crop sequence. *Weed Research* **55**, 574–585.
- MOOR J. (1986) *Charophytes of Great Britain and Ireland*. Botanical Society of the British Isles, London.
- MOREAU D, BUSSET H, MATEJICEK A & MUNIER-JOLAIN N (2014) The ecophysiological determinants of nitrophily in annual weed species. *Weed Research* **54**, 335–346.
- MOSS B, JEPPESEN E, SONDERGAARD M, LAURIDSEN TL & LIU Z (2013) Nitrogen, macrophytes, shallow lakes and nutrient limitation: resolution of a current controversy? *Hydrobiologia* **710**, 3–21.
- NAVAS M-L (2012) Trait-based approaches to unravelling the assembly of weed communities and their impact on agro-ecosystem functioning. *Weed Research* **52**, 479–488.
- NORDBY DE, ALDERKS DL & NAFZIGER ED (2007) Competitiveness with weeds of soybean cultivars with different maturity and canopy width characteristics. *Weed Technology* **21**, 1082–1088.
- NOVÁK R, DANCZA I, SZENTÉY L & KARAMÁN J (2009) *Magyarország Szántóföldjeinek Gyomnövényzete. Ötödik Országos Gyomfelvételezés (2007-2008)*. FVM, Budapest.
- NOVÁK R, DANCZA I, SZENTÉY L & KARAMÁN (eds) (2011) *Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein*. Vidékfejlesztési Minisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Budapest.
- NOWAK A, NOWAK S, NOBIS M & NOBIS A (2015) Crop type and altitude are the main drivers of species composition of arable weed vegetation in Tajikistan. *Weed Research* **55**, 525–536.
- NURSE RE, HAMILL AS, SWANTON CJ, TARDIF FJ & SIKKEMA PH (2010) Weed control and yield response to mesotrione in maize (*Zea mays*). *Crop Protection* **29**, 652–657.
- ODERO DC, FERNANDEZ JV & HAVRANEK N (2016) Weed control and radish (*Raphanus sativus*) response to S-metolachlor on organic soils. *Hortscience* **51**, 79–83.
- OKSANEN J, BLANCHET F, KINDT R, *et al.* (2011) *Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 1.17-8*.
- OSCA JM (2013) Expansion of *Leptochloa fusca* ssp. *uninervia* and *Leptochloa fusca* ssp. *fascicularis* in rice fields in Valencia, eastern Spain. *Weed Research* **53**, 479–488.
- OTTO S, ZUIN MC, CHISTE G & ZANIN G (2007) A modelling approach using seedbank and soil properties to predict the relative weed density in organic fields of an Italian pre-alpine valley. *Weed Research* **47**, 311–326.
- PÁL RW, PINKE G, BOTTA-DUKÁT Z, *et al.* (2013) Can management intensity be more important than environmental factors? A case study along an extreme elevation gradient from central Italian cereal fields. *Plant Biosystems* **147**, 343–353.
- PÁL R, PINKE G, OLÁH E, CSIKY J & KOLTAI JP (2006) Investigation of weed vegetation on wet segetal fields in South-Western Hungary. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 567–576.
- PALÁDI-KOVÁCS A (2001) *Magyar Néprajz II. Gazdálkodás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- PANNACCI E & COVARELLI G (2009) Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* **28**, 57–61.
- PANNACCI E, LATTANZI B & TEI F (2017) Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. *Crop Protection* **96**, 44–58.
- PANNACCI E & TEI F (2014) Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop Protection* **64**, 51–59.
- PERES-NETO PR, LEGENDRE P, DRAY S & BORCARD D (2006) Variation partitioning of species data matrices: Estimation and comparison of fractions. *Ecology* **87**, 2614–2625.
- PETIT S, GABA S, GRISON A-L, *et al.* (2016) Landscape scale management affects weed richness but not weed abundance in winter wheat fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **223**, 41–47.
- PILLAR VD, DUARTE L DA S, SOSINSKI EE & JONER F (2009) Discriminating trait-convergence and trait-divergence assembly patterns in ecological community gradients. *Journal of Vegetation Science* **20**, 334–348.
- PINKE G (2000) A vetett növény és a differenciális fajok jelentősége a gyomtársulások leírásában. *Kitaibelia* **5**, 319–330.
- PINKE G (2004) Last occurrence of Caucalio species in north-western Hungary. *Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection*, 73–82.
- PINKE G & PÁL R (2005) *Gyomnövényeink eredete, termőhelye és védelme*. Alexandra Kiadó, Pécs.

- PINKE G & PÁL R (2008) Phytosociological and conservational study of the arable weed communities in western Hungary. *Plant Biosystems* **142**, 491–508.
- RASSAM G, LATIFI N, SOLTANI A & KAMKAR B (2011) Impact of crop management on weed species diversity and community composition of winter wheat fields in Iran. *Weed Biology and Management* **11**, 83–90.
- REINERS S & RIGGS DIM (1997) Plant spacing and variety affect pumpkin yield and fruit size, but supplemental nitrogen does not. *Hortscience* **32**, 1037–1039.
- ROMERO A, CHAMORRO L & SANS FX (2008) Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain. *Agriculture Ecosystems & Environment* **124**, 97–104.
- ROSCHWITZ I, GABRIEL D, TSCHARNTKE T & THIES C (2005) The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology* **42**, 873–882.
- ROYAL BOTANIC GARDENS KEW (2008) Seed Information Database(SID). Version 7.1. <http://data.kew.org/sid/>
- RUZSÁNYI L (1992) Rizs. In: *Szántóföldi növénytermesztés* (ed E. Bocz), pp. 331–353. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- SALONEN J, HYVÖNEN T, KASEVA J & JALLI H (2013) Impact of changed cropping practices on weed occurrence in spring cereals in Finland a comparison of surveys in 1997–1999 and 2007–2009. *Weed Research* **53**, 110–120.
- SARDANA V, MAHAJAN G, JABRAN K & CHAUHAN BS (2017) Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. *Crop Protection* **95**, 1–7.
- SÁRKÁNY S, BERNÁTH J & TÉTÉNYI P (2001) *A mák (Papaver somniferum)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.
- SCHMIDT AA & JOHNSON WG (2004) Influence of early-season yield loss predictions from WeedSOFT (R) and soybean row spacing on weed seed production from a mixed-weed community. *Weed Technology* **18**, 412–418.
- SEIFERT C, LEUSCHNER C & CULMSEE H (2015) Arable plant diversity on conventional cropland-The role of crop species, management and environment. *Agriculture Ecosystems & Environment* **213**, 151–163.
- SILC U, VRBNICANIN S, BOZIC D, CARNI A & STEVANOVIC Z (2009) Weed vegetation in the north-western Balkans: diversity and species composition. *Weed Research* **49**, 602–612.
- SOLTANI N, NURSE RE, SHROPSHIRE C & SIKKEMA PH (2011) Weed management in cranberry bean with linuron. *Canadian Journal of Plant Science* **91**, 881–888.
- SOÓ R (1964–1980) *A Magyar flóra és vegetáció rendszertani és növényföldrajzi kézikönyve*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SPENCER DF, LIOW P-S & LEMBI CA (2009) Effect of a combination of two rice herbicides on the cyanobacterium, *Nostoc spongiaeforme*. *Journal of Aquatic Plant Management* **47**, 145–147.
- STORKEY J, MEYER S, STILL KS & LEUSCHNER C (2012) The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **279**, 1421–1429.
- STORKEY J, MOSS SR & CUSSANS JW (2010) Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Science* **58**, 39–46.
- SWEENEY AE, RENNER KA, LABOSKI C & DAVIS A (2008) Effect of fertilizer nitrogen on weed emergence and growth. *Weed Science* **56**, 714–721.
- SZIGETVÁRI C & BENKŐ Z (2008) Common ragweed (*Ambrosia elatior* L.). In: *The most important invasive plants in Hungary* (eds Z. Botta-Dukát, & L. Balogh), pp. 189–201. Institute of Ecology and Botany, Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót.
- SZILVÁSSY L (2000) A rizs vegyszeres gyomirtása hazai kutatásának története. *Növényvédelem* **36**, 159–161.
- TAKÁCS A, SCHMOTZER A, JAKAB G, *et al.* (2013) Key environmental variables affecting the distribution of *Elatine hungarica* in the Pannonian Basin. *Preslia* **85**, 193–207.
- TARMI S, HELENIUS J & HYVONEN T (2009) Importance of edaphic, spatial and management factors for plant communities of field boundaries. *Agriculture Ecosystems & Environment* **131**, 201–206.
- TEPPNER H (2004) Notes on *Lagenaria* and *Cucurbita* (Cucurbitaceae) – review and new contributions. *Phyton* **44**, 245–308.
- THOMPSON K, BAND S & HODGSON J (1993) Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* **7**, 236–241.
- TICHY L (2002) JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* **13**, 451–453.
- TOURE A, RODENBURG J, SAITO K, *et al.* (2011) Cultivar and weeding effects on weeds and rice yields in a degraded upland environment of the coastal savanna. *Weed Technology* **25**, 322–329.
- TRICHARD A, ALIGNIER A, CHAUVEL B & PETIT S (2013) Identification of weed community traits response to conservation agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **179**, 179–186.
- UBRIZSY G (1961) Unkrautvegetation der Reiskulturen in Ungarn. *Acta Botanica Hungarica* **7**, 175–220.
- UJVÁROSI M (1973a) *Gyomnövények*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- UJVÁROSI M (1973b) *Gyomirtás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- VAN ROEKEL RJ, PURCELL LC & SALMERON M (2015) Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. *Field Crops Research* **182**, 86–97.
- VARGA-HASZONITS Z, VARGA Z, LANTOS ZS & ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E (2006) *Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák*. Monográfia, NYME-MÉK, Mosonmagyaróvár.
- VIDOTTO F, TESIO F, TABACCHI M & FERRERO A (2007) Herbicide sensitivity of *Echinochloa* spp. accessions in Italian rice fields. *Crop Protection* **26**, 285–293.
- VOJTKÓ EA & LUKÁCS B (2015) Növényi jellegek és alkalmazásuk növényökológiai kutatásokban I: Történeti áttekintés, jelleg típusok, módszertan és adatbázisok. *Kitaibelia* **20**, 286–299.
- VOLLMANN J, WAGENTRISTL H & HARTL W (2010) The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy* **32**, 243–248.
- WALTER AM, CHRISTENSEN S & SIMMELSGAARD SE (2002) Spatial correlation between weed species densities and soil properties. *Weed Research* **42**, 26–38.
- WALTERS SA & YOUNG BG (2012) Herbicide Application Timings on Weed Control and Jack-O-Lantern Pumpkin Yield. *Horttechnology* **22**, 201–206.
- WAN K, TAO Y, LI R, PAN J, TANG L & CHEN F (2012) Influences of long-term different types of fertilization on weed community biodiversity in rice paddy fields. *Weed Biology and Management* **12**, 12–21.
- WELLS MS, REBERG-HORTON SC & MIRSKY SB (2014) Cultural strategies for managing weeds and soil moisture in cover crop based no-till soybean production. *Weed Science* **62**, 501–511.
- WHALEY M, ARMEL R, WILSON P & HINES E (2006) Comparison of mesotrione combinations with standard weed control programs in corn. *Weed Technology* **20**, 605–611.
- WHITE P & GREENWOOD D (2013) Properties and management of cationic elements for crop growth. In: *Soil conditions and plant growth* (eds P. Gregory), & S. Nortcliff, pp. 160–194. Blackwell, Oxford, UK.
- WILSON P & AEBISCHER N (1995) The distribution of dicotyledonous arable weeds in relation to distance from the field edge. *Journal of Applied Ecology* **32**, 295–310.
- WÓJTOWICZ M & WÓJTOWICZ A (2009) Effectiveness of chemical protection against weeds applied to poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Plant Protection Research* **49**, 209–215.

9. Mellékletek

1. melléklet: A parlagfű döntési fa (CART) modelljeiben használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Minimum	Maximum
<i>Földrajzi pozíció</i>		
Tengerszint feletti magasság (m)	82	415
Szélesség (N)	45°52'09''	48°32'59''
Hosszúság (EO)	16°49'57''	22°32'95''
<i>Klimatikus tényezők</i>		
Évi csapadékösszeg átlaga (mm)	470	766
Átlagos áprilisi csapadékösszeg (mm)	33	63
Átlagos májusi csapadékösszeg (mm)	51	81
Átlagos júniusi csapadékösszeg (mm)	62	92
Átlagos júliusi csapadékösszeg (mm)	49	97
Átlagos augusztusi csapadékösszeg (mm)	46	93
Évi átlaghőmérséklet (°C)	8,8	11,2
Áprilisi átlaghőmérséklet (°C)	9,2	11,9
Májusi átlaghőmérséklet (°C)	13,9	16,6
Júniusi átlaghőmérséklet (°C)	17,3	19,7
Júliusi átlaghőmérséklet (°C)	19,0	21,5
Augusztusi átlaghőmérséklet (°C)	18,5	21,1
<i>Talajtulajdonságok</i>		
Talaj pH (KCl)	3,48	7,85
Fizikai talajféleség (durva homok, homok, homokos vályog, vályog, agyagos vályog, agyag)	-	-
Só (m/m%)	0	1,14
Humusz (m/m%)	0,5	6,43
CaCO ₃ (m/m%)	0,01	37,3
P ₂ O ₅ (mg/kg)	44,8	2810
K ₂ O (mg/kg)	57,8	1310
Na (mg/kg)	19	650
Mg (mg/kg)	19,5	1660
NO ₂ -NO ₃ -N (mg/kg)	0,49	390
SO ₄ (mg/kg)	6,25	774
Cu (mg/kg)	0,31	13,1
Mn (mg/kg)	8,39	506
Zn (mg/kg)	0,1	22,8
<i>Gazdálkodási változók</i>		
Kultúrnövény (kukorica, napraforgó, tarló)	-	-
Kultúrnövény borítása	0	100
Vetésidő (2008. 03. 01. - 2009. 11. 30)	-	-
Elővetemény (kukorica, napraforgó, gabona, vegyes)	-	-
Szerves trágya (t/ha)	0	60
Műtrágyák (kg/ha)		
N	0	261
P ₂ O ₅	0	104
K ₂ O	0	150
MgO	0	24,5
CaO	0	43
Mechanikai gyomirtások száma	0	2
Táblaméret (ha)	0,24	524
Talajművelés rendszere (forgatásos, forgatás nélküli)	-	-
Talajművelés mélysége (cm)	0	60
<i>Hely-kontextus</i>		
Mintavétel helye (szegély, táblabelső)	-	-

2. melléklet: A nyárutói gyomvegetáció adatfeldolgozása során használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Minimum	Maximum
<i>Gazdálkodási</i>		
Kultúrnövény típusa (kukorica, napraforgó, tarló)	-	-
Vetésidőszak (őszi, tavaszi)	-	-
Elővetemény (kalászos, kapás, évelő, egyéb)	-	-
Szervestrágya (t/ha)	0	60
Műtrágyák (kg/ha)		
N	0	261
P ₂ O ₅	0	104
K ₂ O	0	150
CaO	0	43
Táblaméret (ha)	0,24	524
Művelési mélység (cm)	0	60
<i>Hely-kontextus</i>		
Szomszédos élőhely (árok, erdősáv, rét, útszél)	-	-
Mintavétel helye (szegély, táblabelső)		
<i>Földrajzi pozíció</i>		
Tengerszint feletti magasság (m)	82	415
Szélesség (N)	45°52'09''	48°32'59''
Hosszúság (EO)	16°49'57''	22°32'95''
<i>Időjárási tényezők</i>		
Évi csapadékösszeg átlaga (mm)	470	766
Évi átlaghőmérséklet (°C)	8,8	11,2
<i>Talajtulajdonságok</i>		
Talaj pH (KCl)	3,48	7,85
Talajkötöttség	20	56,2
Humusz (m/m%)	0,5	6,43
CaCO ₃ (m/m%)	0,01	37,3
P ₂ O ₅ (mg/kg)	44,8	2810
K ₂ O (mg/kg)	57,8	1310
Na (mg/kg)	19	650
Mg (mg/kg)	19,5	1660
NO ₂ -NO ₃ -N (mg/kg)	0,49	390
Mn (mg/kg)	8,39	506

3. melléklet: A napraforgóvetések adatfeldolgozása során használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Kategóriák/értékek
<i>Gyomszabályozási</i>	
Herbicidek (g/ha)	
Imazamox	0-52
Oxiflourfen	0-336
Pendimetalin + Dimetenamid	0-1250 0-1062,5
Propizoklór	0-2016
S-metolaklór	0-1536
Herbicidek (L/ha)	
Fluorkloridon	0-0,75
Mechanikai gyomirtások száma	0-2
<i>Agrotechnikai</i>	
Vetésidő	március 28 – május 15
Elővetemény	kalászos, kukorica
Szerves trágya (t/ha)	0-50
Műtrágyák (kg/ha)	
N	0-102
P ₂ O ₅	0-52
K ₂ O	0-96
MgO	0-14
CaO	0-21
Kultúrnövény borítása (%)	15-95
Táblaméret (ha)	0,8-113
Talajművelés mélysége (cm)	20-55
<i>Környezeti</i>	
Tengerszint feletti magasság (m)	87-195
Évi csapadékösszeg átlaga (mm)	492-695
Évi átlaghőmérséklet (°C)	9,91-11,25
Talaj pH (KCl)	3,48-7,85
Talajkötöttség (KA)	20-49,4
Talajtulajdonságok (m/m%)	
Humusz	0,68-4,72
CaCO ₃	0,03-21,9
Talajtulajdonságok (mg/kg)	
P ₂ O ₅	56,3-2770
K ₂ O	102-1310
Na	19-482
Mg	30,8-990

4. melléklet: A mákvetések adatfeldolgozása során használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Kategóriák/értékek
<i>Gyomszabályozási</i>	
Herbicidek-hatóanyagok (g/ha)	
Klórtofuron	0-1500
Ciproszulfamid	0-96
Diquat	0-400
Fluazifop-P-butyl	0-150
Izoxadifen-etil	0-49,5
Izoxaflutol	0-96
Mezotrion	0-288
Quizalofop-p-terufil	0-100
Tembotrion	0-99
Herbicidek-hatóanyagok (l/ha)	
Fluroxipir-metilheptil-észter	0-0,252
Quizalofop-p-etil	0-0,06
<i>Agrotechnikai</i>	
Vetésidőszak	ősz, tavasz
Elővetemény	gabona, mák, olajrepcse, kukorica, "vegyes"
Mechanikai gyomirtások száma	0-3
Szerves trágya (t/ha)	0-60
Műtrágya (kg/ha)	
N	0-177
P ₂ O ₅	0-130
K ₂ O	0-180
MgO	0-25
CaO	0-35
Kultúrnövény borítása (%)	5-95
Sortávolság (cm)	10-50
Táblaméret (ha)	1-70
Talajművelés mélysége (cm)	15-60
<i>Hely-kontextus</i>	
Szomszédos élőhely	árok, erdősáv, rét, útszél
<i>Környezeti</i>	
Tengerszint feletti magasság (m)	83-205
Évi csapadékösszeg átlaga (mm)	478-657
Évi átlaghőmérséklet (°C)	9,67-11,23
Talaj pH (KCl)	5,26-7,68
Talajkötöttség (KA)	20-54
Talajtulajdonságok (m/m%)	
Humusz	0,72-4,8
CaCO ₃	0,03-27,2
Talajtulajdonságok (mg/kg)	
P ₂ O ₅	67,9-2220
K ₂ O	79,3-1460
Na	10,6-127
Mg	38,3-827
NO ₂ -NO ₃ -N	3,83-87,8
SO ₄	9-77,8
Cu	0,73-24,4
Zn	0,45-10,5
Mn	7,25-480

5. melléklet: A rizsvetések adatfeldolgozása során használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Kategóriák/értékek
<i>Gyomszabályozási</i>	
Herbicidek (g/ha)	
Penoxszulam	0; 40
Azimszulfuron	0; 18; 20
Herbicidek (L/ha)	
Pendimetalin	0; 1,65
Kézi gyomlálások száma	0; 1
<i>Agrotechnikai</i>	
Fajta	Ábel, Byoriza, Fruzsina, Janka, Selenio, M-60, M-225, M-488
Váltónövény	búza, indián rizs, lucerna, vöröshere, napraforgó
Utolsó váltónövény óta eltelt évek száma	1-4
Műtrágyák (kg/ha)	
N	0; 58; 72; 76; 81
P ₂ O ₅	0; 30; 52
K ₂ O	0; 16; 60
Vetésidő	május 3-10
Vetés típusa	felületre, talajba
A vetés és árasztás között eltelt napok száma	1-15
Vetőmag mennyisége (kg/ha)	180-225
Művelési mélység (cm)	15 (sekély); 20 (mély)
Táblaméret (ha)	3,6-8,6
Kultúrnövény borítása (%)	25-100
Árasztóvíz mennyisége (m ³ /ha)	8000-10000
Vízmélység (cm)	
Május	3-5
Június	10-16
Július	7-36
<i>Környezeti</i>	
Tengerszint feletti magasság (m)	84-95
Vízparaméterek	
pH	7,1-9,4
Hőmérséklet (°C)	20,3-30,8
Sótartalom (ppm)	149-632
Vezetőkéesség (μS/cm)	300-1266

6. melléklet: A szójabetések adatfeldolgozása során használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Kategóriák/értékek
<i>Hely-kontextus</i>	
Mintavétel helye	szegély, táblabelső
<i>Környezeti</i>	
Tengerszint feletti magasság (m)	84–288
Évi csapadékösszeg átlaga (mm)	473–748
Évi átlaghőmérséklet (°C)	9,17–11,3
Talaj pH (KCl)	3,63–8,42
Talajkötöttség (KA)	25–70
Talajtulajdonságok (m/m%)	
Humusz	0,62–5,43
CaCO ₃	0,1–31,25
Talajtulajdonságok (mg/kg)	
P ₂ O ₅	20–3110
K ₂ O	60,7–1210
Na	9,5–152,2
Mg	10–1130
<i>Agrotechnikai</i>	
Kultúrnövény borítása (%)	30–100
Sortávolság (cm)	12–76
Táblaméret (ha)	0,6–131
Fajta éréscsoport	igen korai, korai, középérésű
Talajművelés mélysége (cm)	12–65
Talajművelés rendszere	forgatásos, forgatás nélküli
Vetésidő	április 3 – május 27
Elővetemény	kalászos, kukorica, vegyes
Szerves trágya (t/ha)	0–58
Műtrágyák (kg/ha)	
N	0–197
P ₂ O ₅	0–300
K ₂ O	0–250
<i>Gyomszabályozási</i>	
Mechanikai gyomirtások száma	0–4
Preemergens herbicidek (g/ha)	
Flumioxazin	0–80
Pendimetalin	0–1666
Dimetenamid	0–1440
Linuron	0–900
Metribuzin	0–510
S-metolaklór	0–1632
Klomazon	0–288
Posztemergens herbicidek (g/ha)	
Propaquizafop	0–300
Quizalofop-p-tefuril	0–100
Tifenzulfuron	0–30
Imazamox	0–80
Bentazon	0–1920
Posztemergens herbicidek (l/ha)	
Quizalofop-p-etil	0–0,1

7. melléklet: Az olajtökvetések adatfeldolgozása során használt változók kategóriái és minimum–maximum értékei.

Változók	Kategóriák/értékek
KÖRNYEZET	
<i>Hely-kontextus</i>	
Mintavétel helye	szegély, táblabelső
Tengerszint feletti magasság (m)	81–292
<i>Klimatikus</i>	
Évi csapadékösszeg átlaga (mm)	465–761
Évi átlaghőmérséklet (°C)	9,06–11,29
<i>Talajtulajdonságok</i>	
Talaj pH (KCl)	3,75–7,8
Talajkötöttség (KA)	25–60
Talajtulajdonságok (m/m%)	
Humusz	0,92–7,65
CaCO ₃	0,1–17,6
Talajtulajdonságok (mg/kg)	
P ₂ O ₅	20–2530
K ₂ O	73,7–1547
Na	12,2–284
Mg	54,6–1710
NEM VEGYSZERES GAZDÁLKODÁS*	
<i>Agrotechnikai</i>	
Kultúrnövény borítása (%)	5–100
Növénytűrség (növény/ha)	12000–26000
Vetőmag mennyisége (kg/ha)	3–8
Táblaméret (ha)	0,14–135
Fajtatípus	futó, félfutó, bokrosodó
Vetésidő	április 15 – május 28
Elővetemény	kalászos, kukorica, olajtök, vegyes
Szerves trágya (t/ha)	0–100
Műtrágyák (kg/ha)	
N	0–123
P ₂ O ₅	0–100
K ₂ O	0–180
<i>Mechanikai</i>	
Primer talajművelés mélysége (cm)	15–70
Talajművelés rendszere	forgatásos, forgatás nélküli
Szekunder talajművelések száma	0–5
Sorközművelő kultivátorozások száma	0–5
Kézi gyomszabályozások száma	0–7
VEGYSZERES GYOMSZABÁLYOZÁS	
<i>Herbicidek (g/ha)</i>	
Linuron	0–1220
S-metolaklór	0–2400
Klomazon	0–144
Glifozát	0–2880

*Blackshaw et al. (2007) nyomán minden gazdálkodási tényező a vegyszeres gyomszabályozás kivételével.