

DEBRECENI EGYETEM
KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:

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

Témavezető:

Dr. Zsombik László
tudományos tanácsadó

Alternatív növényfajok gyomirtási technológiájának fejlesztése

Készítette:

Juhász Csaba
doktorjelölt

Debrecen
2026

Alternatív növényfajok gyomirtási technológiájának fejlesztése

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztési és kertészeti tudományágban

Írta: Juhász Csaba mezőgazdasági mérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti
Tudományok Doktori Iskolája
(Növénytermesztési tudományok doktori programja) keretében
Témavezető: Dr. Zsombik László PhD, tudományos tanácsadó

Az értekezés bírálói:

név	fokozat	aláírás
_____	_____	_____
_____	_____	_____

A bírálóbizottság:

név	fokozat	aláírás
elnök: _____	_____	_____
tagok: _____	_____	_____
titkár: _____	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 20... ..

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1. A kutatásban vizsgált növények bemutatása	9
2.1.1. A csillagfürt termesztésének fontosabb szempontjai	9
2.1.2. A tavaszi bükköny termesztésének fontosabb szempontjai	10
2.1.3. A szöszös bükköny termesztésének fontosabb szempontjai	11
2.1.4. A pohánka termesztésének fontosabb szempontjai.....	12
2.2. A gyomnövények hatásai	13
2.2.1. Gyomnövények hatása a csillagfürt fejlődésére	14
2.2.2. Gyomnövények hatása a bükköny fajok fejlődésére	15
2.2.3. Gyomnövények hatása a pohánka fejlődésére	16
2.2.4. A gyomirtó szerek alkalmazásának jelentősége napjainkban	17
2.3. Az alkalmazott gyomirtószer-hatóanyagok általános áttekintése	19
2.3.1. Protoporfirinogen-oxidáz gátlók.....	19
2.3.2. Csírázás és növekedés gátlók.....	20
2.3.3. Karotinoid bioszintézis gátlók	23
2.3.4. Plasztokinon bioszintézis gátlók.....	25
2.3.5. Fotoszintézis gátlás a Ps II. rendszerben	25
2.3.6. Acetolaktát-szintetáz; acetohidroxiacit-szintetáz gátlók	27
2.3.7. Auxin hatású hatóanyagok.....	29
2.3.8. Lipid bioszintézis gátlók.....	32
2.4. A kiskultúrák termesztésének helyzete, gyakorlati nehézségei.....	32
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	34
3.1. A kísérleti terület jellemzése	34
3.1.1. Kutatási terület talajvizsgálati eredményei	35
3.1.2. Kutatási terület időjárási körülményeinek jellemzése	36
3.1.2.1 A tenyészedőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2022. évben	37
3.1.2.2 A tenyészedőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2023. évben	37
3.1.2.3 A tenyészedőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2024. évben	38
3.1.2.4 A tenyészedőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2025. évben	38
3.2. Kísérletek beállítása	38
3.3. Gyomirtó-szer-kezelések.....	40
3.3.1. A csillagfürtben alkalmazott gyomirtószeres kezelések	40
3.3.2. A tavaszi bükkönyben alkalmazott gyomirtószeres-kezelések	42
3.3.3. A pohánkában alkalmazott gyomirtószeres-kezelések	43
3.3.4. A szöszös bükkönyben alkalmazott gyomirtószeres-kezelések.....	45

3.4.	A kísérletekben végzett megfigyelések.....	46
3.4.1.	Normalizált differenciál vegetációs index adatok gyűjtése	47
3.4.2.	A gyomirtó szerek fitotoxikus hatásának vizsgálata.....	49
3.4.3.	Gyomnövények számának meghatározása, gyomfajok azonosítása.....	51
3.4.4.	Növények magasságának mérése.....	52
3.5.	Betakarítás és magtisztítás folyamata	52
3.6.	Statisztikai analízis.....	56
4.	EREDMÉNYEK.....	57
4.1.	A fehérvirágú csillagfürtben (<i>Lupinus albus</i> L.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása	57
4.1.1.	Különböző gyomirtó szerek hatása a fehérvirágú csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.) fejlődésére és termésére a 2022-es évben.....	57
4.1.1.1	A gyomirtó szerek hatása a normalizált differenciál vegetációs indexre (NDVI) a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2022-es tenyészidőszakban.....	57
4.1.1.2	A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a fehérvirágú csillagfürt esetén 2022-ben	59
4.1.1.3	A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2022-es tenyészidőszakban.....	61
4.1.1.4	A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a fehérvirágú csillagfürt gyomirtási kísérletek 2022. évi eredményei alapján	62
4.1.2.	Különböző gyomirtó szerek hatása a fehérvirágú csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.) fejlődésére és termésére a 2023-as évben.....	63
4.1.2.1	A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2023-as tenyészidőszakban	63
4.1.2.2	A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a fehérvirágú csillagfürt esetén 2023-ban	64
4.1.2.3	A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra, a maghozamra és a betakarított termés szennyezettség mértékére a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2023-as tenyészidőszakban.....	66
4.1.2.4	A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a fehérvirágú csillagfürt gyomirtási kísérletek 2023. évi eredményei alapján	68
4.1.3.	Különböző gyomirtó szergyomirtó szerek hatása a fehérvirágú csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben	68
4.1.3.1	A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2024-es tenyészidőszakban	68
4.1.3.2	A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a fehérvirágú csillagfürt esetén 2024-ben	70
4.1.3.3	A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra, a növekedési jellemzőkre és a termésparaméterekre a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2024-es tenyészidőszakban	72
4.1.3.4	A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a fehérvirágú csillagfürt gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján	77
4.1.4.	Fehérvirágú csillagfürt gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (2022–2025), a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva	78

4.2. A tavaszi bükkönyben (<i>Vicia sativa</i> L.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása.....	79
4.2.1. Különböző gyomirtó szerek hatása a tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.) fejlődésére és termésére a 2022-es évben.....	79
4.2.1.1 A gyomirtó szerek hatása a normalizált differenciál vegetációs indexre (NDVI) a tavaszi bükköny esetén a 2022-es tenyészidőszakban	79
4.2.1.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a tavaszi bükköny esetén 2022-ben.	81
4.2.1.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére tavaszi bükköny esetén a 2022-es tenyészidőszakban.....	82
4.2.1.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a tavaszi bükköny gyomirtási kísérletek 2022. évi eredményei alapján.....	83
4.2.2. A gyomirtó szerek hatása a tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.) fejlődésére és termésére a 2023-as tenyészidőszakban	84
4.2.2.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a tavaszi bükköny esetén a 2023-as tenyészidőszakban.....	84
4.2.2.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a tavaszi bükköny esetén 2023-ban.	85
4.2.2.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére a tavaszi bükköny esetén a 2023-as tenyészidőszakban	87
4.2.2.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a tavaszi bükköny gyomirtási kísérletek 2023. évi eredményei alapján.....	90
4.2.3. Különböző gyomirtó szerek hatása a tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben.....	90
4.2.3.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a tavaszi bükköny esetén a 2024-es tenyészidőszakban.....	90
4.2.3.2 A gyomirtó-kezelések fitotoxicitásának mértéke a tavaszi bükköny esetén 2024-ben	92
4.2.3.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra és növekedési jellemzőkre a tavaszi bükköny esetén a 2024-es tenyészidőszakban	94
4.2.3.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a tavaszi bükköny gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján.....	97
4.2.4. Tavaszi bükköny gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (2022–2025), a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva.	97
4.3. A pohánkában (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása	98
4.3.1. Különböző gyomirtó szerek hatása a pohánka (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.) fejlődésére és termésére a 2023-as évben	98
4.3.1.1 A gyomirtó szerek hatása a pohánka növényállományok NDVI értékeire a 2023-as tenyészidőszakban	98
4.3.1.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a pohánka esetén 2023-ban.....	99

4.3.1.3	A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére a pohánka esetén a 2023-as tenyészidőszakban.....	101
4.3.1.4	A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a pohánka gyomirtási kísérletek 2023. évi eredményei alapján	103
4.3.2.	Különböző gyomirtó szerek hatása a pohánka (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben	103
4.3.2.1	A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a pohánka esetén a 2024-es tenyészidőszakban	103
4.3.2.2	A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a pohánka esetén 2024-ben.....	105
4.3.2.3	A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra és növekedési jellemzőkre a pohánka esetén a 2024-es tenyészidőszakban	107
4.3.2.4	A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a pohánka gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján	111
4.3.3.	Pohánka gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (2023–2025), a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva .	112
4.4.	A szöszös bükkönyben (<i>Vicia villosa</i> Roth.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása.....	112
4.4.1.	Különböző gyomirtó szerek hatása a szöszös bükköny (<i>Vicia villosa</i> Roth.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben.....	112
4.4.1.1	A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a szöszös bükköny esetén a 2024-es tenyészidőszakban	112
4.4.1.2	A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a szöszös bükköny esetén 2024-ben	114
4.4.1.3	A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a szöszös bükköny gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján.....	117
4.4.2.	Szöszös bükköny gyomirtási kísérleteinek NDVI és fitotoxicitási eredményei a 2024-2025 kísérleti években	117
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	119
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	126
7.	GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	127
8.	ÖSSZEFOGLALÁS	129
9.	SUMMARY.....	134
10.	IRODALOM.....	138
11.	PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	163
12.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	167
13.	NYILATKOZATOK.....	168
14.	MELLÉKLETEK	169

1. BEVEZETÉS

Hazánkban, valamint világviszonylatban is a kisebb ökológiai lábnyommal termeszthető növények közé tartozik a fehérvirágú csillagfürt (*Lupinus albus* L.), tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.), szőszös bükköny (*Vicia villosa* Roth.) és a pohánka (hajdina) (*Fagopyrum esculentum* Moench.).

A csillagfürt a Mediterráneum, Észak-Afrika és a Közel-Kelet őshonos növénye, amelyet már az ókori civilizációk is termesztettek (Ačko és Flajšman, 2023). A világon a FAO (2025) legfrissebb 2023-as adatai szerint 1 116 003 hektáron 1719 kg ha⁻¹ átlagterméssel termesztették a csillagfürt fajokat (*Lupinus* spp.), míg hazánkban 140 hektáron 1429 kg ha⁻¹ átlagterméssel. A legnagyobb globális termeszto Ausztrália, amelyet Európa követ (Zafeiriou, et al., 2021). Európában a fehérvirágú csillagfürt legnagyobb termeszto országai Lengyelország, Olaszország, Franciaország és Spanyolország (Gresta et al., 2017; FAO, 2025).

Régészeti leletek szerint a tavaszi bükköny a Földközi-tenger medencéjéből származik (Zohary és Hopf, 2000; Maxted és Bennett, 2001). A szőszös bükköny Európában és Nyugat-Ázsiában őshonos, és világszinten a második legnagyobb területen termesztett bükkönyfaj (Renzi et al., 2020). A bükkönyfajokat (*Vicia* spp.) a világon 327 027 hektáron termesztették 1976 kg ha⁻¹ termésátlaggal 2022-ben. Magyarországon 2017-es adatok alapján 25 hektáron 490 kg ha⁻¹ termésátlaggal (FAO, 2025). A bükkönyfajokat a gyakorlatban nagyobbbrészt keverékben vetik általában gabonafélékkel, míg tiszta állományban főként vetőmagtermesztés, kísérleti és takarmány termesztési célból kerülnek termesztésre. Irodalmi források és 2023-as adatok alapján a bükkönyfajok legjelentősebb globális termelése Etiópiához, majd Oroszországhoz köthető (De La Rosa et al., 2021; FAO, 2025).

A pohánka két termesztett faja, a *Fagopyrum esculentum* és a *Fagopyrum tataricum* Kínában került termesztésbe; eredetüket Dél-Kína hegyvidéki területeire vezetik vissza (Hunt et al., 2018). A pohánkát 2023-ban 2 187 546 hektáron termesztették a világon 1008 kg ha⁻¹ termésátlaggal. Magyarországon 2017-es adatok alapján 969 hektáron termesztették 938 kg ha⁻¹ termésátlaggal. Irodalmi források alapján a két legjelentősebb termelő ország Oroszország és Kína (Habtemariam, 2019; González-Villagra et al., 2025).

Magyarországon elsősorban a zöldítésben alkalmazott gyakorlatok kapcsán kerülhetnek előtérbe az említett növényi kultúrák. A zöldítést a 2013-ban bevezetett közös agrárpolitika (KAP) reformjának részeként kötelező Magyarországon alkalmazni (Mizik, 2019). A zöldtrágya növények szerepe a közös agrárpolitikából kifolyólag felértékelődött hazánkban és Európában egyaránt. A régmúltban kevés figyelmet fordítottak a termesztést követően bekövetkező talajt ért károkra, elsősorban a növénytermesztés sikerességének szempontjából tekintettek a talajra, ezt az időszakot nevezzük a növényközpontú művelés korának (Mikóházi, 2010).

A fent említett növény fajoknak tulajdonságaikból adódóan számos egyéb célból is folyhat a termesztésük. Az alternatív kultúrák termesztése során a költség-hozam arányok és a technológiai elemek is eltérhetnek a hagyományos, nagyüzemi növénytermesztésben megszokottól (Söjtöri, 2019), ezen növények termesztésbe vétele gazdasági növekedést eredményezhet a vidéki területeken, a mezőgazdasági kiadások csökkenhetnek és a termelők gazdasági életképessége növekedhet (Brummer et al., 2000; De La Torre Ugarte et al., 2003).

Az úgynevezett kiskultúrák a jelenlegi termelési nagyságrendből kifolyólag kisebb jelentőséggel bírnak hazánkban a főnövényekhez képest, azonban a fenntartható környezetkímélő gazdálkodás előretörése révén szerepük nőhet a jövőben. A közeli és távoli jövőben a világ vetésszerkezetéből adódóan növekvő igény mutatkozhat az alternatív növények termesztése iránt, ebből kifolyólag globálisan növekedhet az alternatív növények vetőmagjai iránti kereslet.

A magtermés mennyiségét és minőségét nagymértékben veszélyeztethetik az adott területen előforduló gyomnövényfajok. A gyomnövények magjaikkal és növényi maradványaikkal csökkenthetik a betakarított magok tisztaságát, minőségét. A gyommagvak nem kívánatos részei a betakarított termésnek, úgy, mint például az üres és sérült magok (Sharma et al., 2023). Az említett növények esetében a kémiai védekezési technológia részleteiben kevésbé kidolgozott. Hazai és nemzetközi szinten egyaránt csekély irodalmi forrás tárgyalja, avagy érinti a témát. Az alkalmazható növényvédelmi technológiák hiánya bizonytalanságot okozhat a gyakorlati gazdálkodásban, ezért a jövőben a kisebb, kevésbé kutatott növények növényvédelmi technológia fejlesztésének sikere kulcsfontosságú lehet. A kisebb kultúrákban kidolgozott, bizonyítottan hatékony növényvédelmi megoldásoknak támogató szerepe van a gazdálkodók szempontjából.

Kutatásom főbb célkitűzései a következők voltak:

- A csillagfürt, a tavaszi bükköny, a szöszös bükköny és a pohánka kultúrákban a pre- és posztemergens kémiai védekezési lehetőségek vizsgálata és validálása.
- A herbicidek kultúrnövényekre gyakorolt fitotoxikus hatásának vizsgálata vizuális fitotoxicitási bonitálással és kézi műszerrel végzett NDVI-méréssel, valamint a két módszer közötti összefüggés elemzése Spearman-féle korreláció alkalmazásával.
- A gyomirtási kezelések hatásának vizsgálata a betakarított magtermés idegenanyag tartalmára.
- A kutatás során nyert, különösen a szelektivitásra vonatkozó eredmények tudományos és szakmai közegben történő bemutatása és következtetések átadása a gyakorlati felhasználók számára.
- A vizsgált kultúrákban nemzetközileg alkalmazott hatóanyagok fitotoxicitásának összevetése a magyarországi termesztési és ökológiai viszonyok között végzett saját vizsgálatok eredményeivel.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kutatásban vizsgált növények bemutatása

2.1.1. *A csillagfürt termesztésének fontosabb szempontjai*

A fehérvirágú édes csillagfürt (*Lupinus albus* L., *Fabaceae* család) a fenntartható mezőgazdaság és a globális élelmezésbiztonság szempontjából alapvető fontosságú, mivel a szójához (*Glycine max* L.) hasonló, kivételesen magas fehérjetartalma miatt értékes tápanyagforrás (Zafeiriou et al., 2021). Mivel a csillagfürt kiváló fehérje forrás, ebből kifolyólag helyettesítheti a szóját az állatok takarmányozási receptjében anélkül, hogy az állati termékek minősége és mennyisége csökkenjen (Sedláková et al., 2016; White et al., 2007; Mavromatis et al., 2023). A magas fehérjetartalom mellett a szójánál nagyobb mennyiségben tartalmaz esszenciális aminosavakat (Tadele, 2015). Magjainak olajtartalma elmarad az olajos növényekhez képest, azonban a többszörösen telítetlen zsírsavak koncentrációja magas (Huyghe, 1997). Az édes csillagfürt magtermése a tápanyag tartalmából kifolyólag az állati takarmányozás mellett emberi fogyasztásra is alkalmas (Sawicka-Sienkiewicz et al., 2008). A fehérvirágú édes csillagfürt beilleszthető a modern fenntartható mezőgazdaságba olyan „édes” nemesített elit fajták termesztésével, amelyek ellenállnak a biotikus ártalmaknak és jól alkalmazkodnak a globális termesztéshez (Zafeiriou et al., 2021).

Magyarországon a csillagfürt termesztésének fő célja a régmúltban, valamint napjainkban is a gyengébb talajok javítása (Zsombik, 2018). A csillagfürt nitrogén megkötő képességén keresztül javítja a talaj termelékenységét, emellett javítja a talaj szerkezetét és a tápanyag hozzáférhetőséget, miközben csökkenti a betegségek és a kártevők előfordulását a vetésforgóban (Ačko és Flajšman, 2023). A fehérvirágú csillagfürt gyökérzetének köszönhetően hatékonyan képes feltárni a tápanyagokat a talajban, különösképpen igaz ez a foszfátra. Hüvelyes növényként képes továbbá megkötni a légköri nitrogént, így termesztése során nincs szükség nitrogénműtrágyára, ebből kifolyólag csökkenhetnek a gazdálkodók inputköltségei és a környezetre gyakorolt hatások, ezért a növény jól beilleszthető a fenntartható gazdálkodási gyakorlatba (Hufnagel et al., 2020). A csillagfürt a vele szimbiózisban élő baktérium (*Rhizobium lupini*) révén a légköri nitrogén megkötésével fokozza a talaj termelékenységét, amely akár 200 kg ha⁻¹ nitrogént is hagyhat a talajban, ez a későbbi kultúráknak is hasznára

válí. Például a búza (*Triticum aestivum*) termés hozama 26%-kal nőtt a fehérvirágú csillagfürt termesztését követően, ami összehasonlítható a műtrágyával vagy állati trágyával elért termés hozamokkal. Ezenkívül a fehérvirágú csillagfürt javítja a talaj szerkezetét és növeli a szervesanyag-tartalmát, ami különösen előnyös homokos és alacsony termékenységű talajokon (David et al., 2014). A csillagfürt-rizoszféra egyedülálló szárító-nedvesítő dinamikát mutat a gyökerek által kibocsátott váladék miatt, amely a negatív vízpotenciál mellett képes nagy mennyiségű vizet megtartani, ami hozzájárul a talaj jobb nedvességállapotához és stabilitásához (Carminati, 2013).

Összefoglalva az említett előnyök miatt, a fehérvirágú csillagfürtöt a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok és a gazdasági hatékonyság szempontjából stratégiai jelentőségű növénynek tekintik.

2.1.2. A tavaszi bükköny termesztésének fontosabb szempontjai

A tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L., *Fabaceae*) jelentősen hozzájárul a fenntartható gazdálkodáshoz, azáltal, hogy talajbaktériumaival (*Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*) szimbiózis révén képes megkötni a légköri nitrogént, ami növeli a talaj termékenységét és csökkenti a szintetikus nitrogénműtrágyák szükségességét. Az Európai Unióban a környezeti értéket képviselő fajok közé tartozik a tavaszi bükköny, e növény felhasználása fontos mezőgazdasági lehetőség, amely alapvető szerepet játszik az olyan környezetvédelmi intézkedések végrehajtásában, mint a „Termőföldtől az asztalig” stratégia és az új Közös Agrárpolitika irányelv (Ramirez és De La Rosa, 2023). Ez a nitrogénmegkötési folyamat kulcsfontosságú a fenntartható mezőgazdasági rendszerek szempontjából, mivel csökkenti a CO₂ és más szennyezőanyagok kibocsátását, elősegítve a környezeti fenntarthatóságot (Lithourgidis et al., 2011; Dalias és Neocleous, 2017). A szintetikus nitrogéntartalmú műtrágyák használatának csökkentése a hüvelyesek termesztése által nem csak a környezeti hatás csökkenését eredményezi, hanem gazdasági előnnyel is jár, mivel a műtrágyák előállítása nagyon energiaigényes és költséges (Daramola és Hatzell, 2023). A növény magas nitrogén-koncentrációja és alacsony szén-nitrogén (C:N) aránya (10-15:1) elősegíti a gyorsabb tápanyag-feltáródást, ezáltal könnyen hozzáférhető tápanyagokkal gazdagítja a talajt. A tavaszi bükköny zöldtrágyaként való alkalmazása a parlagoltatás és a műtrágyázás életképes alternatívájának bizonyult, amely a fenntartható tápanyag-utánpótlást, a csökkentett

mezőgazdasági ráfordításokat, valamint a talaj szervesanyag-tartalmának növelését kínálja (Pál és Zsombik, 2022).

Argentínában a tavaszi és szősös bükköny a legfontosabb termesztett takarónövények (Renzi, 2009). A takarónövényeknek jelentős szerepük van az agrárökoszisztémában, mivel a vetésforgóba integrálva javítják a talajegészséget, csökkentik a talajeróziót, javítják a talajvízkészletét, elősegítik a tápanyagmegkötést, továbbá szerepük van a kártevők, gyomnövények és egyéb betegségek szabályozásában (Baldwin és Creamer, 2006; Trenton et al., 2018; Ogilvie et al., 2021; Ramirez és De La Rosa, 2023). Egy 2004-ben végzett kutatásban az árpa (*Hordeum vulgare*) nitrogén műtrágya kijuttatása nélkül is nagyobb termést adott, amikor bükköny után következett, sőt a műtrágyának csökkentő hatása volt az árpaszemek méretére és tömegére (Papastylianou, 2004).

2.1.3. A szősös bükköny termesztésének fontosabb szempontjai

A hüvelyesek gyakran szerepelnek az alacsony ráfordítású mezőgazdasági rendszerekben, mivel növelik a talajnitrogén hozzáférhetőségét, ezzel támogatva a fő növények termelékenységét és hozzájárulnak fenntarthatóságuk sikerességéhez (Torbert et al., 1996). A szősös bükköny (*Vicia villosa* Roth.) a *Fabaceae* családba tartozó, Európában és Nyugat-Ázsiában őshonos egyéves hüvelyes faj, amit a nagy biomasza hozamért és télállósága miatt termesztenek, ebből kifolyólag értékes takaró- és takarmánynövény (Ali et al., 2023; Fuller et al., 2023). A szősös bükköny hüvelyesként képes baktériumokkal szimbiózisban élve a nitrogén megkötésére. A szősös bükköny biomasza becslések szerint, mintegy 100-230 kg ha⁻¹ nitrogént biztosít takarónövényként termesztve (Grossman et al., 2018). A szősös bükköny más bükkönyfajokhoz viszonyítva kiváló teljesítményt mutat a talaj feletti biomasza-termelés, a gyökérmorfológiai tulajdonságok, a foszfor- és káliumfelvétel, valamint a nitrogénfixáló aktivitás tekintetében (Solangi et al., 2019). A kemény magvú fajták hasznosak lehetnek újratvetési takarmányozási rendszerekben, mivel hosszabb ideig életképesek maradhatnak a talajban. A keménymagvúság a faj hosszútávú fennmaradását biztosítja, hogy a magpopuláció egy része a következő vegetációs időszakokban is rendelkezésre álljon a csírázáshoz. A puha magvú fajták takarónövényként vetve előnyösebbek, mivel gyorsan csíráznak és kikelnek, így jobban el tudják látni a takarónövények feladatát, mint pl. a talaj védelme, a talajélet javítása és a tápanyag-utánpótlás (Mirsky et al., 2015).

Egy Japánban végzett kutatásban megállapították, hogy a szösös bükköny alkalmazása javította a talaj termékenységet, főként a nitrogéntartalmat növelte, hatékonyan elnyomta a gyomokat (az októberben vetett bükköny 62,8%-os hatékonyságot mutatott a parlagoltatott területekhez képest). A szösös bükköny talajba dolgozása növelte a talaj pH-értékét, valamint a cserélhető kalcium (Ca) és magnézium (Mg) mennyiségét, ami tovább javította a talaj minőségét (Anugroho et al., 2009).

Az őszi vetésű növények takarónövényként való termesztésének több előnye is van. Javítják a talajok minőségét, felszíni borítást képeznek, megakadályozzák az eróziót és csökkentik a gyomnyomást (Lobos et al., 2016). A bükkönyféléket gyakran takarónövényként alkalmazzák, az USA-ban például a szösös bükköny a széles körben alkalmazott takarónövény (Baldwin és Creamer 2006). A szösös bükköny nagyon hatékony takarónövénynek számít különösen paradicsom (*Lycopersicon esculentum* Mill.) termesztés esetében a szántás nélküli rendszerekben. A növény jelentős föld feletti biomasszát biztosít, átlagosan 7,44 t ha⁻¹ szárazanyagot, 149 kg ha⁻¹ nitrogéntartalommal, ami a hagyományos nitrogéntrágyázási szintekhez hasonló (Campiglia et al., 2010). A szösös bükköny alkalmazása téli takarónövényként és szerves mulcsként egyaránt a nitrogéntrágyázás és a gyomirtással kapcsolatos vegyszerterhelés jelentős csökkenését eredményezheti (Teasdale et al., 2008).

2.1.4. A pohánka termesztésének fontosabb szempontjai

A pohánka (hajdina) (*Fagopyrum esculentum* Moench.) a keserűfűfélék (*Polygonaceae*) családjába tartozik és egy világszerte termesztett pszeudocereália, táplálkozási sokszínűséget és potenciális egészségügyi előnyöket kínál, így ígéretes alapanyag az étrend és az élelmiszer-összetevők biológiai sokféleségének előmozdítására (Sanchez et al., 2011; Neacsu et al., 2022). A hajdinamag értékes az étrend változatossága szempontjából, mivel megfelel azoknak a tápanyagokra vonatkozó étrendi ajánlásoknak, amelyek esszenciális aminosavak, vas, cink, magnézium és más ásványi anyagok fogyasztását javasolják. A pohánka maghéja jelentős forrása lehet az olyan bioaktív vegyületeknek, mint az antociánok, flavonoidok és fenolsavak, amelyek segíthetnek az egészségre gyakorolt előnyökkel bíró funkcionális élelmiszerek kifejlesztésében (Neacsu et al., 2022.). A kíváncsú érzékszervi tulajdonságokkal és funkcionalitással rendelkező hajdinatermékek népszerűsége tette őket a piacon egészségügyi előnyeik és a gluténérzékenyek számára való alkalmasságuk miatt (Sofi et al., 2023). Mivel a piacon

kapható gluténmentes termékek kevés proteint, élelmirostot és vitamint tartalmaznak a gluténtartalmú élelmiszer termékekhez képest, a hajdina egyedülálló tulajdonságainak, bioaktív összetevőinek és sokoldalúságának köszönhetően értékes jelölt a gluténmentes termékek tápanyagprofiljának javítására (Morales et al., 2021). A hajdina egészségügyi előnyöket mutathat a gyomor-bélrendszer egészségére vonatkozóan, beleértve a gyulladáscsökkentő, antioxidáns hatását, valamint a rákos sejtvonalak növekedését gátló tulajdonságokat is (Valido et al., 2022).

A pohánka termesztése hozzájárul a talajállapot javításához, a gyökérváladékai révén befolyásolja a rizoszféra kémiai és biológiai környezetét (Kalinova et al., 2007). Kulcsszerepet játszik a növényvédelemben, mivel gátolja a gyomnövények és a kórokozók fejlődését, így közvetve hozzájárul a termés egészségéhez és a terméshozam javulásához (Gfeller et al., 2018; Abbasi et al., 2019) és alkalmazható az integrált kártevő szabályozási programokban. A hajdina gyökerén táplálkozó drótférgeknél csökkent a testtömeg és a túlélési arány, valamint rendellenes növekedés volt megfigyelhető (Noronha et al., 2023). A hajdina természetes módon csökkenti a növénybetegségek elterjedését, és minimálisra csökkenti a gombaölő szerek használatának szükségességét, így értékes elővetemény más kultúrák számára. Hosszú időtávon végzett kísérlet eredményei alapján a hajdina ugyanazon a területen többször is termeszthető monokultúrában (Lejiņš és Lejiņa, 2009).

2.2. A gyomnövények hatásai

A gyomok olyan növények, amelyek antropogén (ember által létrehozott) élőhelyeken nőnek és befolyásolják ezen élőhelyek használatát. A gyomok jelentősen befolyásolhatják a terméshozamot azáltal, hogy árnyékolják és elfojtják a növényt, valamint versengenek a növényi tápanyagokért és a vízért (Samuel és Dines, 2023). A gyomok versenyképesek és károsak a környezeti rendszerekre. A különböző kultúrákban 30 000 faj ismert, mint gyomnövény (Reddy és Reddy, 2007). A gyomok által okozott gazdasági veszteségek világszerte nagy jelentőséggel bírnak a mezőgazdasági termelésben, szinte minden növényfaj esetében. A gyomok jelenléte a termőföldeken például a gabonafélék terméshozamának és minőségének csökkenéséhez vezethet, ami végső soron növeli a feldolgozási költségeket (Zimdahl, 2018; Gyawali et al., 2022). A gyomok gazdaságilag károsabbak, mint a baktériumok, gombák, rovarok vagy más növényi kártevők, és jelentős pénzügyi veszteségeket okoznak, amelyeket például

Indiában évente mintegy 11 milliárd dollárra becsülnek (Sinden et al., 2004; Haq et al., 2023). A gyomok a szántóföldeken az egyik legnagyobb kihívást jelentik, jelentősen csökkentve a termés hozamot. A termésveszteség mértéke a növénykultúrától és az adott ökológiai körülményektől függően 45 és 95% között változhat (Oerke, 2006). A gyomnövények morfológiai, fiziológiai és genetikai adaptációs képességgel rendelkeznek (Ferrari et al., 2020). A gyomnövények jelenléte a termesztett növényekben fokozza a reaktív oxigénfajták termelődését, ami oxidatív stresszt okoz, ez negatívan befolyásolja a növények fejlődéséhez szükséges biokémiai és fiziológiai folyamatokat (Abdelaal et al., 2022). A gyomirtás az éghajlatváltozás mellett is kulcsfontosságú marad, mivel a gyomok jelentősen csökkentik a termés hozamot, és a jövőbeni éghajlati viszonyok között is fennmaradnak a gyomnövények okozta hatások. A megnövekedett CO₂ és a felmelegedés némileg enyhítette a gyomok negatív hatásait, míg az aszály súlyosbította ezeket a hatásokat (Vila et al., 2021).

2.2.1. Gyomnövények hatása a csillagfűrt fejlődésére

A csillagfűrt magcélú termesztése során a veszélyforrások közül kiemelendők a gyomnövények. A csillagfűrt tenyészideje hosszú, nitrogénben gazdagítja a talajt, ami a gyomnövények fejlődését is elősegíti, tovább nehezíti a helyzetet, hogy a mechanikai gyomirtási lehetőségek száma szintén korlátozott (Borbély et al., 2008). A csillagfűrt növényvédelme során a gyomok elleni védekezés jelentősége kiemelkedő (Halász, 2003). Mikó (2009) több, zöldítésben alkalmazott növényt tanulmányozva úgy találta, hogy a csillagfűrt parcelláin fordult elő a legtöbb gyomnövény, a növény gyomelnyomó képessége csak közepes. Van Der Mey (1991) szerint gazdaságilag nem életképes a csillagfűrttermesztés hatékony gyomirtás nélkül. A csillagfűrt lassan fejlődik, amíg kifejleszti a lombozatát, addig a gyomok megerősödnek annyira, hogy versenytársai legyenek, különösen homokos talajon. A versengő gyomnövények jelenléte szignifikánsan csökkentette a fehér virágú csillagfűrt szárazanyag-felhalmozódását, különösen a korai vegetatív szakaszokban (Seiffert, 1981). A csillagfűrt teljesítménye Minnesotában és Wisconsinban szoros összefüggésben áll a gyomirtással. A későn csírázó egynyári lágyszárúak, különösen a libatop (*Chenopodium* spp.), a disznóparéj (*Amaranthus* spp.) és a parlagfű (*Ambrosia* spp.) jelentős versenytársak a csillagfűrt számára, ezért a termesztés előtt alaposan fel kell mérni a terület gyomfertőzöttségét (Putnam et al., 1989). Két tenyészidőszak során végzett kísérletben a gyomnövények

jelenléte a második évben a vegetációs időszakban a növény kelését követő 7. hétben 29,5%-os, a 9. hétben pedig 33,4%-os szárazanyagtartalom-csökkenést okoztak. A növény lassú fejlődéséből kifolyólag a fény könnyebben behatol a talaj felszínére és ez megkönnyíti a gyommagvak csírázását, lehetővé téve a gyomok megjelenését, gyors növekedését és hatékony kompetitív képességét a csillagfürt növényekkel szemben, különösen a korai vetés esetén. A hatékony gyomszabályozás, különösen a korai fázisban, döntő fontosságú a növények sikeres termesztéséhez, mivel a kémiai gyomszabályozás a legtöbb herbicid fitotoxicitása miatt a fehérvirágú csillagfürtre nézve kihívást jelent. Az olyan domináns gyomok, mint a fehér libatop (*Chenopodium album* L.) és a fenyércirok (*Sorghum halepense* L.) jelenléte a vetőmagtermés jelentős csökkenéséhez vezet, a relatív termésveszteség 28,2% volt az első tenyészidőszakban és 31,5% volt a második tenyészidőszakban (Damalas és Koutroubas, 2022). Napjainkban a kézi gyomirtás visszaszorulóban van, a munkaerő hiányának köszönhetően a csillagfürt esetében a gyomok akár 10% - 100%-os terméskiesést okozhatnak (Toit, 2003).

2.2.2. Gyomnövények hatása a bükköny fajok fejlődésére

Molnár (2019) szerint a közönséges bükköny termesztésének előnyei közé tartozik annak gyomelnyomó képessége is. Americanos és Droushiotis (1998) szerint a gyomirtó szerek használata csak erős gyomfertőzöttség esetén indokolt tavaszi bükkönyben. Caballero et al. (1995) kísérletében a kezeletlen bükkönyállományban volt a legnagyobb a gyomsűrűség és itt volt a legkisebb a hozam. A gyomok versenyelőnye a bükkönnyel szemben nyilvánvaló a kezeletlen monokultúrákban, ahol a hatékony gyomszabályozási intézkedések hiánya alacsonyabb növény-sűrűséget és csökkent takarmányhozamot eredményez. Az olyan gyomfajok, mint az orvosi füstike (*Fumaria officinalis* L.), a bársonyos árvacsalán (*Lamium amplexicaule* L.) és a hajdina jelenléte a bükkönyben jelentős terméskieséshez vezethet, mivel ezek a gyomok rendkívül versenyképesek, és ha nem védekeznek hatékonyan, akkor dominánssá válhatnak a területen. Egy vizsgálatban a szőszös bükköny maradványainak allelopatikus hatását vizsgálták és úgy találták, hogy bizonyos gyomfajok fejlődését hatékonyan kontrollálták a növényi maradványok. A kétszikű gyomfajokat hatékonyabban visszaszorította, mint a fűféléket. Jelentősen elnyomta a fehér libatopot (*Chenopodium album* L.), a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.) növekedése pedig szántóföldi körülmények között jelentősen visszaszorult (Won et al., 2011). A téli és őszi gyomnövények

potenciálisan versenytársai lehetnek a szöszös bükkönynek. A szöszös bükköny kezdeti fejlődése lassú, ebből kifolyólag az őszi gyomok elnyomhatják a kultúrát (Oliva, 2020). Kedvező fényviszonyok között hátrányban lehet a szelíd csorbókával (*Sonchus oleraceus* L.), bársonyos árvacsalánnal (*Lamium amplexicaule* L.), orvosi füstikével (*Fumaria officinalis* L.), bókoló bogáncssal (*Cardo nutans* L.) szemben (Renzi és Cantamutto, 2013; Beltrami és Cura, 2018). A bükköny fajok egy bizonyos fejlettség elérését követően már jól takarják a talajt, ezzel teljesen árnyékolhatják az adott területet. A bükkönyterületek gyommentesen tartása a zöldtömeg kialakulását megelőző időszakban lényeges lehet.

2.2.3. Gyomnövények hatása a pohánka fejlődésére

Pethe (1805) már a 19. században más növények mellett kiemeli a pohánka hatékony gyomelnyomó képességét. Thomas (1980) szerint azonban jelentős nehézségeket okozhat, hogy nincs engedélyezett gyomirtó szer a pohánkában, ami hatásos lenne a vadrepce (*Sinapis arvensis* L.) ellen. Szántóföldi kísérletekben az egyszikűek közül a kakaslábfü (*Echinochloa crus-galli* L.) volt a domináns (72 db m⁻²), míg a kétszikűek közül a fehér libatop (*Chenopodium album* L.) volt a legnagyobb számban a területen (21 db m⁻²), jelentős mennyiségben találtak a területen olajretket (*Raphanus sativus* var. *oleifera* L.), amit előzőleg zöldtrágyázás céljából termesztettek a területen, azonban később gyomnövényként jelent meg (Knezevic és Baketa, 1989). A gyomok jelentős kihívást jelentenek a hajdina termesztése során, elsősorban azért, mert a növény nagyon érzékeny a gyomirtó szerekre, ami korlátozza a hatékony gyomirtás lehetőségeit (Wall és Smith, 1999; Sakaliene et al., 2008; Podolska et al., 2019). Szabadföldi kísérletek során a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva kimutatták, hogy a kétszikű gyomnövények elszaporodása negatívan befolyásolta a pohánka termés hozamát (Wall és Smith, 1999). A hajdina sikeres versenytárs volt a gyomnövényekkel szemben, és hatékonyan elnyomta a gyomnövények növekedését, de nem befolyásolta a kelő gyomok számát (Tominaga és Uezu, 1995). A gyomok adaptív változásokat idéznek elő a hajdina exudációs viselkedésében, ami a jelenlévő gyomfajoktól függően változatos kémiai profilt eredményez (Sijahović et al., 2012). A gyomok jelenlétének hatására a hajdinában növekszik az allelo-kémikáliák kiválasztása, így az allelopatikus hatás segítségével fokozódik a gyomokkal szembeni versenyképesség. Ez a mechanizmus magában foglalja a gyomok csírázását és növekedését elnyomó vegyületek termelését és

felszabadulását, ezáltal közvetve a hajdina növekedését és fejlődését is elősegíti (Vieites-Álvarez, et al., 2023). Gfeller et al. (2018) kísérletükben a hajdinát és a különböző gyomnövényeket együtt termesztették, a talajban a gyökereket egy hálóval választották el, ami lehetővé tette a diffúzióból eredő hatások tanulmányozását. A hajdina a disznóparéj, a libatopfélék és a kakaslábfü növekedését 53, 42, illetve 77%-kal nyomta el fizikai gyökérkölcsonhatás nélkül, valószínűleg allelopatikus vegyületek révén. A hajdina-disznóparéj keverék esetében a gyökérváladék 49%-kal csökkentette a disznóparéj gyökérfejlődését. A kutatás során olyan eredmények születtek, ami szerint a hajdina megváltoztatja a gyökérkiválasztódást a disznóparéj jelenlétében (heterospecifikus felismerés). A pohánka termésének körülbelül kétharmadát exportálják Japánba Kanadából, s mivel a hajdinát elsősorban emberi fogyasztásra használják, a gyommagtartalom fontos kritérium a termés osztályozásában és forgalmazásában (Friesen, 1988).

2.2.4. *A gyomirtó szerek alkalmazásának jelentősége napjainkban*

A kézi gyomirtás évszázados gyakorlata a szántóföldeken már nem fenntartható a modern világban. A kézi gyomlálás az egyik első olyan munkafolyamat, amelyet a gyakorlati gazdálkodásban szívesen feladnak, a mezőgazdasági gépesítés és a modern mezőgazdasági technológiák elterjedéséből kifolyólag. A kézi munkaerő hiánya világszerte elkerülhetetlenné teszi a gyomirtó szerek alkalmazását. A gyomok okozta jelentős termés kiesés egyszerűen elfogadhatatlan egy olyan világban, ahol 2 milliárddal több embernek kell az élelmezését biztosítani a következő 40 évben. A gyomirtásra irányuló talajművelésnek számos hátránya van a gyomirtó szerekkel szemben, ide tartozik a nagyobb üzemanyag-felhasználás, az erózió, az üvegházhatású gáz kibocsátás és a vízvesztés a talajból (Gianessi, 2013). A mezőgazdaságban a kézi gyomirtás tovább nem fenntartható, a munkaerőhiány, a növekvő bérek és a fizikailag megterhelő igénybevételből kifolyólag (Das et al., 2024). A gyomirtó szerek hatékonyabb és gazdaságosabb megoldást kínálnak a kultúrnövények védelmére. Napjainkban a gyomirtó szerek alkalmazását számos kritika éri, azonban egy ágyeke 17-szer több dízelüzemanyagot fogyaszt területegységenként, mint egy permetezőgép. Egy sorközművelő kultivátor 4-szer több üzemanyagot igényel, mint egy permetezőgép (Hanna, 2005). A gyomirtó szerek alkalmazása többek között a fenntartható növénytermesztés kulcsa az egész világon, és a belátható jövőben is a gyomirtás

legfontosabb eszközei maradnak (Gianessi, 2013). A herbicidek alkalmazásával a gyomirtás hatékonysága 52 és 96% között változott a különböző agro-ökológiai rendszerekben. A kezelésnek köszönhetően a szántóföldi növények termése átlagosan 19-372%-kal nőtt, és a gazdák 305-867 dolláros többletbevételre tehettek szert hektáronként (Das et al., 2024). A gyomok negatív hatása csökkenthető integrált növényvédelemmel, amely magában foglalja a gyomirtás különböző módszereit, a gyomirtó szereket, az allelopátiát és a vetésforgót (Abdelaal et al., 2022). Kumar et al. (2022) úgy találták, hogy a kelés előtti és utáni gyomirtó szerek integrálása a hüvelyes növények termesztésébe hatékony stratégiának bizonyult a terméshozam növelésére, a gyomnövény-konkurencia csökkentésére és a gazdasági hozam javítására, ami előnyös módszerré teszi az olyan hosszú tenyészidejű növények esetében, mint a lencse (*Lens culinaris* L.). A növényvédő szerek kivonása különösen nagy kihívást jelent a mezőgazdasági termelők számára, mivel szűkíti a rendelkezésre álló védekezési lehetőségeket. Az Egyesült Királyság mezőgazdaságában használt számos növényvédő szer eltűnése kapcsán is arra számítanak, hogy ez a termelési költségek emelkedéséhez, a terméshozamok csökkenéséhez és a termelési kockázatok növekedéséhez vezethet (Hillocks, 2012).

Egy hároméves kutatás eredményei szerint a fehérvirágú csillagfürtben a legnagyobb vegetatív tömeget és termést a kézi gyomirtással művelt parcellákban figyelték meg, ami azt jelzi, hogy a gyomnövény konkurencia hiánya döntő fontosságú az optimális csillagfürt-növekedés és -terméshozam szempontjából. Az olyan gyomirtó szerek, mint a Harness (*acetoklór*) és a Prometreks (*prometrin*), önmagukban vagy a Jupiterrel (*fenmedifám*) kombinálva hatékonyak voltak a gyomirtásban, és a kontroll parcellákhoz hasonló hozamokat eredményeztek. A kijuttatás során azonban lényeges a megfelelő időzítés, a készítmények nem megfelelően alkalmazva több hátrányt okozhatnak, mint előnyt (Levchenko et al., 2018). A fehérvirágú csillagfürtben szelektívnek bizonyult a dimetenamid-P, dimetenamid-P + pendimetalin, dimetenamid-P + terbutilazin, flumioxazin, klomazon, pendimetalin, petoxamid, S-metolaklór és az S-metolaklór + terbutilazin (Kádár, 2024).

A tavaszi bükkönyben, szintén jelentős termés kiesést okozhatnak a gyomnövények. Zab-bükköny bikultúra termesztés esetén enyhíthető a gyomnövények negatív hatása, azonban ez a bükköny-terméseredmények rovására mehet. A gyomok mechanikus gyomirtása a növényállomány zöldtömege és a költségek miatt gyakran nem kivitelezhető, így a gyomirtó szerek megvalósítható alternatívát jelentenek, bár a kétszikű gyomok vegyszeres gyomirtása a tavaszi bükkönyben történelmileg kihívást jelentett

(Dumont és Serpeille, 1981; Caballero et al., 1995). Egy kísérlet kezdetén Spanyolországban nem volt engedélyezett gyomirtó szer a tavaszi búkkönyre, ezért a vizsgálatban résztvevő termékek kiválasztásához a szántóföldi babokkal végzett korábbi kutatások eredményeinek felmérésére volt szükség (Caballero et al., 1992; Caballero et al., 1995).

A gabonákban engedélyezett herbicidek széles körben képesek kontrollálni azokat az általános gyomokat, mint a szőrös disznóparéj, fehér libatop és vadrepce, amik gyakran előfordulnak a hajdinában is (Wall és Smith, 2000). A metazaklór és a klorometazaklór hatékonyan csökkentette a gyomnövények mennyiségét és a biomassza tömegüket, alkalmazásuk nem változtatta jelentősen a hajdina növények NDVI- és SPAD-értékeit, ami azt jelzi, hogy ezek a gyomirtó szerek nem befolyásolják hátrányosan ezeket a vegetációs indexeket (Krupa és Witkowicz, 2023). Annak ellenére, hogy ezek a herbicidek nem befolyásolták negatívan a hajdina terméshozamát és hatékony védekezést eredményeztek a gyomnövények ellen, csökkentették levélfelületi indexet (Krupa és Witkowicz, 2023). Kevés kivételtől eltekintve a hajdina terméshozama mindenherbiciddel kezelt parcellában hasonló volt a kezeletlen kontrolhoz. A herbicidek kijuttatásával kapcsolatosan mérlegelni kell a pozitív és negatív tényezőket. A herbicidek alkalmazása a terméshozamot nem növelte, a beavatkozás költséges volt, a növény kezdeti szakaszában sérülést okozhatott, azonban alkalmazásukkal csökkent a gyommagszennyeződés, ezáltal a gépek működése könnyebb volt (Sakaliene et al., 2008).

2.3. Az alkalmazott gyomirtószer-hatóanyagok általános áttekintése

2.3.1. *Protoporfirinogen-oxidáz gátlók*

A csoportba tartozó hatóanyagok a gyomnövényekben a protoporfirinogén-oxidáz (protox) enzim gátlójaként működnek és sejtmembrán károsodást okoznak (Radchenko et al., 2022). A protox létfontosságú enzim a klorofill és a hem bioszintéziséhez (Senseman, 2007). A hatóanyag a klorofill-bioszintézis gátlásával indukálja a lipidperoxidációt, amely a sejtmembránok integritásának felborulásához és a növényi sejtek nekrozisához vezet (Radchenko et al., 2022).

A flumioxazin (N-(7-fluor-3,4-dihidro-3-oxo-4-prop-2-inil-2H-1,4-benzoxazin-6-il)ciklohex-1-én-1,2-dikarboxamid), az N-fenilftálimid-származékok közé tartozik. A napraforgóban (*Helianthus annuus* L.) az egyszikű gyomok jól kontrollálhatóak, azonban

nagy problémát jelentenek a kétszikű gyomok ezért a protox gátlók kifejlesztése kulcsfontosságú volt (Rafalsky et al., 2018). A szöszös bükkönyben preemergensen alkalmazták a flumioxazint (0,11 l ha⁻¹) (Oliva, 2020). A flumioxazint egyéb kultúrákban is elsősorban kelés előtti gyomirtó szerként használják pl. gabonafélékben és hüvelyes növények esetén, mint a bükkönyfélék, a borsó (*Pisum sativum* L.), a lóbab (*Vicia faba* L.) és a fehérvirágú csillagfűrt. A flumioxazin széles sávban képes a kétszikű gyomok, köztük a mezei veronika (*Veronica arvensis* L.) és a csorbóka-félék (*Sonchus* spp.) irtására, ezek a gyomok nagyon érzékenyek erre a gyomirtó szerre. A flumioxazin használata a bükköny és a csillagfűrt esetében a növényi száraz biomassa növekedésével is együtt járt, ami arra utal, hogy nemcsak a gyomnövények hatékony kontrollálására szolgál, hanem szántóföldi körülmények között hozzájárul a növények növekedéséhez és terméshozamához is (Kousta et al., 2024).

A karfentrazon-etil (etil 2-klór-3-[2-klór-5-[4-(difluormetil)-3-metil-5-oxo-1,2,4-triazol-1-il]-4-fluorfenil]propanoát)) a triazolinon hatóanyag osztályba tartozó kontakt herbicid, amely közvetlenül a levélszöveteken keresztül szívódik fel a kloroplasztisza (Raudenbush et al., 2021). Indiában 2020-2021-es években végzett kísérletben búzában a karfentrazon-etil nagyobb hatékonysággal kontrollálta a gyomnövényeket, mint a 2,4-D (Sahu et al., 2023). A karfentrazon-etil számos kétszikű gyomnövény ellen alkalmazható kukoricában, búzában és szójában (Anonymous, 1998). A Detn 20 fehérvirágú csillagfűrt genotípusban a preemergensen kijuttatott karfentrazon-etil 20 g hatóanyag ha⁻¹ mennyiségben alkalmazva több növényt pusztított el, mint az összehasonlításban szereplő rimszulfuron, azonban a túlélő növényeken nem volt kimutatható hatása (Shield et al., 2000). A herbicid már kis mennyiségben (9 g hatóanyag ha⁻¹) is hatékony lehet számos zavaró gyomnövény ellen, mint például a hajnalka (*Ipomea* spp.), csucsor (*Solanum* spp.) félék, fehér libatop, sárga selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medik.) és a ragadós galaj (*Galium aparine* L.) (Thompson és Nissen, 2000).

2.3.2. Csírázás és növekedés gátlók

Többféle hatásmechanizmus jellemzi a csoportba tartozó hatóanyagok aktivitását. A pendimetalin hatásmechanizmusa a sejtosztódás gátlásával jár. Ez a sejtciklus leállításához és végül a növényi sejt halálához vezet (European Community, 2003; Vighi et al., 2017). A dimetenamid-P és a petoxamid a hosszú láncú zsírsavak szintézisét célozza meg, amelyek a sejtmembránok alapvető összetevői, gátolja a bioszintézisükben részt

vevő enzimet, és így megzavarja a sejtmembránok kialakulását és működését (McGregor és Solecki, 2006; Hunt et al., 2015; Soltani et al., 2019).

A pendimetalin hatóanyag [3,4-dimetil-2,6-dinitro-N-(pentán-3-il)anilin] a dinitroanilin-származékok osztályába tartozik, és több kísérleti évben preemergens kijuttatással szerepelt a csillagfűrt és tavaszi bükköny kultúrákban. Ez a hatóanyag világszerte széles körben alkalmazott mind az egyszikű, mind a kétszikű gyomnövények elleni védekezésre a legkülönbözőbb kultúrákban, beleértve a kukoricát (*Zea mays* L.), napraforgót, szóját (*Glycine max* L.), borsót, őszi gabonaféléket, zöldségeket, gyümölcs- és szőlőültetvényeket. A pendimetalint alkalmazzák vetés előtt, vetés után, valamint akár kelés után is, ebből kifolyólag jól használható különböző mezőgazdasági gyakorlatokban (Kočárek et al., 2016). A pendimetalint úgy tervezték, hogy szelektív hatása legyen bizonyos kétszikű és egyszikű gyomnövények ellen különböző kultúrákban és természetesen kívüli területeken. A pendimetalint túlnyomórészt a talajra juttatják ki és körülbelül 30 éve van forgalomban, ami azt jelzi, hogy régóta használják és elfogadják a mezőgazdasági gyakorlatban (Vighi et al., 2017). Egy 2005-ös vizsgálatban a pendimetalint preemergensen csillagfűrtben 1,0 kg hatóanyag ha⁻¹ dózisban alkalmazták (Dewitte et al., 2006). A tavaszi bükkönyben 1,3 kg hatóanyag ha⁻¹ mennyiségben alkalmazták a pendimetalint preemergensen (Vasilakoglou et al., 2013), míg szöszös bükkönyben általában 3 l ha⁻¹ mennyiségben használták (Lobos et al., 2016; Oliva, 2020).

A klóracetamidok családjába tartozó dimetenamid-P-t [(S)-2-klór-N-(2,4-dimetil-3-tienil)-N-(2-metoxi-1-metiletil)acetamid] szintén kelés előtt alkalmaztuk a kísérleti években. A hatóanyag alkalmazható gyomnövények ellen preemergens és korai posztemergens technológiával, ezáltal hatékonyan alkalmazható a mezőgazdasági gyakorlatban (McGregor és Solecki, 2006). Ugyanakkor a dimetenamid-P hatóanyagot ritkán juttatjuk ki magában, a szer pendimetalinnal kombinálva jelentős hatékonyságot mutatott a fűfélék és a kétszikű gyomok elleni védekezésben. Ez a kombináció, meghatározott dózisban alkalmazva, a herbicid kijuttatását követő 8 hétig a vizsgált kétszikű gyomok és fűfélék több mint 80%-ának visszaszorítását eredményezte és kiváló védelmet biztosít az ujjasmuhar félékkel (*Digitaria* spp.) szemben is (Aulakh, 2023). Magyarországon takarmány kukoricában, cukorrépában (*Beta vulgaris* var. *altissima*), napraforgóban és szójában engedélyezett az alkalmazása.

A szintén a klóracetamidok közé tartozó petoxamid hatóanyagot [2-klór-N-(2-etoxietil)-N-(2-metil-1-fenilprop-1-enil)acetamid] fehérvirágú csillagfűrtben tesztelték preemergensen.. A petoxamid számos egygyári fűfélé és kétszikű gyomnövény ellen

hatékony, ilyenek a muharfélék (*Setaria* spp.), a pirók-ujjasmuhar (*Digitaria sanguinalis* L.), közönséges kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli* L.), szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.), fehér libatop (*Chenopodium album* L.) és baracklevelű keserűfű (*Polygonum persicaria* L.) (Skrzypczak et al., 2007; Hunt et al., 2015; Schlosser et al., 2016). A herbicid-rezisztens gyomnövények, például bizonyos disznóparéj-félék és más kétszikű gyomok, valamint egynyári fűfélék ellen is hatásos (Hunt et al., 2015). Soltani et al. (2019) kísérletükben arra következtetésre jutottak, hogy a petoxamid más hatóanyagokkal kombinálva hatékony lehet a fehér bab (*Phaseolus vulgaris* L.) termesztése során a herbicid-rezisztens gyomokkal szemben.

Az S-metolaklór (2-klór-N-(2-etil-6-metilfenil)-N-[(1S)-2-metoxi-1-metiletil]acetamid) engedélyezve volt csillagfürtben hazánkban és nemzetközi szinten is alkalmazták a kultúrában, azonban önmagában a hatóanyag kivonásra került. Az S-metolaklór a klóracetamid osztályba tartozó, engedélyezett hatóanyag csillagfürtben, azonban a szer nem bír széles hatásspektrummal, valamint rövid ideig tart a hatása (Wasserman, 1983). Görögországban két tenyészidőszakon keresztül vizsgálták, hogy a közönséges bükköny, a csicseriborsó (*Cicer arietinum* L.), a lencse (*Lens culinaris* L.) és a csicserilednek (*Lathyrus cicera* L.) különböző herbicidekkel szembeni érzékenységét. A kísérlet során alkalmazott herbicidek között szerepelt az S-metolaklór és az S-metolaklór + terbutilazin kombinált kezelés (Vasilakoglou et al., 2013). Kísérleteket végeztek Buenos Aires tartomány déli részén is a 2017-2019-es időszakban, amelyben értékelték a szőszös bükköny olaszperjével (*Lolium multiflorum* L.) szembeni visszaszorító hatását herbicidekkel kombinálva, valamint a szőszös bükköny toleranciáját a herbicidekkel szemben (Renzi et al., 2022). Egy hét éven keresztül tartó herbicides vizsgálat során többek között a metolaklór is tesztelték pohánka kultúrában (Friesen és Campbell, 1986). Az S-metolaklór megfelelő dózisban alkalmazva jelentős védelmet biztosít a tyúkhúr (*Stellaria media* L.), a kövér porcsin (*Portulaca oleracea* L.) és a köfali libatop (*Chenopodium murale*) ellen (Fennimore et al., 2001). Folgart (2009) kísérlete során tizennégy gyomfajt azonosított, melyekre az S-metolaklór eltérő hatékonyságot gyakorolt. Az összes gyomfajt figyelembe véve a herbicid >80%-os hatékonyságot mutatott, de a mandulapalka (*Cyperus esculentus* L.) ellen csak 73%-os volt a hatékonyság. A repcsényretek ellen azonban nagyon magas (98%) gyomirtási hatékonyságot értek el az S-metolaklór + linuron keverékkel. Az S-metolaklór hatékonyságát, mint sok más kelés előtti gyomirtó szerét, jelentősen befolyásolhatják a környezeti feltételek, például a csapadék (Whaley et al., 2009).

A metazaklór, kémiai nevén N-[(1H-pirazol-1-il)metil]-2-klór-N-(2,6-dimetilfenil) acetamid egy szisztémikus, kelés előtt és kelés után is alkalmazható gyomirtószer-hatóanyag, amit egyszikű és kétszikű egyéves gyomnövények ellen alkalmaznak. A metazaklór klomazonnal kombinálva bizonyult a leghatékonyabb gyomirtási módszernek a hajdina termesztésében. Ez a kombináció 83%-kal csökkentette az egyszikű gyomnövények számát, 40,5%-kal a kétszikű gyomnövényekét és 36,4%-kal a gyomok száraz tömegét (Krupa és Witkowicz, 2023). Korai szikleveles állapotban alkalmazták a metazaklór (333 g l⁻¹) + quinmerak (83 g l⁻¹) hatóanyagokat őszi káposztarepcében. A fő kétszikű gyomnövények ellen, mint a fehér libatop, kaporlevelű ebszékfű (*Matricaria inodora*), tyúkhúr, ragadós galaj ellen hatékony volt a védekezés, azonban a mezei árvacska (*Viola arvensis* M.) ellen nem volt elégséges (Krawczyk és Adamczewski, 2002).

2.3.3. Karotinoid bioszintézis gátlók

A karotinoidok a fotoszintézishez kapcsolódó létfontosságú funkciókkal rendelkező pigmentek (Boger és Sandmann, 1998; Dayan és Zaccaro, 2012), kritikus szerepet játszanak a klorofill fotodegradáció elleni védelemben. A fogékony növények levelei a kezelés után elvesztik pigmentációjukat és kifehérednek (Singh és Garg, 2022).

A klomazon (2-(2-klórbenzil)-4,4-dimetil-1,2-oxazolidin-3-on) az izoxazolidinonok osztályába tartozik, a klomazon hatásmechanizmusa nagyon eltérő a többi herbicidtől. Vetés előtt és vetés után is javasolható a klomazon alkalmazása (Thelen et al., 1998), a szer széles hatásspektrumban bizonyult hatékonynak olyan gyomnövények ellen, mint a kakaslábű, óriás muhar (*Setaria faberi* H.) és különböző hajnalka fajok (*Ipomoea* sp.) (Westberg et al., 1989).

A diflufenikán [N-(2,4-difluorfenil)-2-[3-(trifluormetil)fenoxi]-3-piridinkarboxamid] a herbicidek azon csoportjába tartozik, amelyek megzavarják a karotinoidok szintézisét fitoén dezaturáz gátlásával (Boger és Sandmann 1998; Dayan és Zaccaro, 2012). Toit (2003) alapján a diflufenikán engedélyezett hatóanyag csillagfürt kultúrában Kanadában. A diflufenikán egy széles körben használt gyomirtó szer, amelyet egy- és kétszikű gyomnövények ellen alkalmaznak borsóban, lencsében csillagfürtben és őszi gabonafélékben (Książek-Trela et al., 2022). Dewitte et al. (2006) a diflufenikánt kelés előtt és kelés után is alkalmazták 50 g hatóanyag ha⁻¹ mennyiségben csillagfürt kultúrában. Egy Cordoba tartományban (Spanyolország) végzett kísérletben, ahol

különböző preemergens herbicidek szelektivitását tanulmányozták szöszös bükköny kultúrában, tesztelték a diflufenikánt is $0,25 \text{ l ha}^{-1}$ mennyiségben (Oliva, 2020). 2017-ben Argentínában végeztek kísérletet 11 takarónövényt (köztük szöszös bükköny) és 10 herbicides kezelés hatását értékelték. A diflufenikánt $0,2 \text{ l ha}^{-1}$, és a diflufenikán + flumetszulámot $0,1 + 0,2 \text{ l ha}^{-1}$ mennyiségben alkalmazták (Lobos et al., 2016). Egy hároméves kísérletben értékelték a diflufenikán hatását a Plovdic 15 M fehér bab fajtán. A hatóanyagot $0,2$, $0,25$ és $0,3 \text{ l ha}^{-1}$ dózisban alkalmazták (Dimova et al., 2012). Ontarióban a szójában alkalmazták a diflufenikán hatóanyagot herbicidrezisztens kender (*Cannabis*) kontrollálása céljából (Soltani et al., 2024). A diflufenikán egy új herbicid, amely jelenleg felülvizsgálat alatt van Észak-Amerikában kukorica és szója kultúrákban. A gabonafélék és a lencse gyomirtására ezt a hatóanyagot azonban évek óta alkalmazzák Európában (Bayer, 2022).

A flurokloridon kémiai nevén 3-klór-4-(klórmetil)-1-[3-(trifluormetil)fenil]pirrolidin-2-on egy szelektív gyomirtó szer, amelyet alkalmaznak napraforgóban, burgonyában és sárgarépában (*Daucus carota* L.) (Anonymous, 2005). A flurokloridon például a karotinoidok mellett a klorofill és az abszcizinsav termelését is gátolja, ami a levelek kifehéredését okozza, végül a növények elpusztulnak (Lay és Niland, 1983; Klicova et al., 2002; Cong et al., 2014).

Halász (2003) preemergensen juttatta ki a fehérvirágú édes csillagfűtben a Racer készítményt, amely 25%-os flurokloridon hatóanyagot tartalmazott. A flurokloridon hatóanyagot pohánkában presowing ($0,5 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$), preemergens ($0,5 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$) és posztemergensen ($0,1 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$) technológiával is alkalmazták (Friesen és Campbell, 1986). A flurokloridon ($1,5 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$) két nappal vetést követően alkalmazták hajdinában (Pawlowska és Kukula, 1998). Vadrepce ellen használták hajdinában a flurokloridon hatóanyagot vetés előtt ($0,25$, $0,5$, $1 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$), kelés előtt ($0,28$, $0,42$, $0,56 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$) és kelés után ($0,05$, $0,1$, $0,20 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$). A vadrepce ellen 90%-os hatékonyságot értek el vetés előtt $1 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$ és preemergensen $0,28 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$ dózissal, valamint teljes védelmet biztosított $0,42$ és $0,56 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$ dózisban (Friesen, 1988). A flurokloridon alkalmazása a hajdina növények károsodását és a termés hozam csökkenését okozta. Ez az eredmény váratlan volt, mivel a korábbi vizsgálatok nem számoltak be ilyen káros hatásokról a gyomirtó szer esetében (Pawlowska et al., 1997; Pawlowska és Kukula, 1998). A tanulmány kiemeli, hogy a hajdina érzékeny lehet a herbicidekre, különösen, ha magasabb hőmérsékleten alkalmazzák a hatóanyagokat. Bár ez az

érzékenység nem kapcsolódik közvetlenül a fluorkloridonhoz, mégis általános aggodalomra ad okot az olyan későn vetett növények esetében, mint a hajdina (Pawlowska és Kukula, 1998). Kielben burgonya kultúrában a ragadós galaj, fehér libatop, fekete csucsor (*Solanum nigrum* L.) és a tyúkhúr ellen hatékony védelmet biztosított a fluorkloridon (Nohl-Weiler és Hindersmann, 1986).

2.3.4. Plasztokinon bioszintézis gátlók

A mezotrion (2-[4-(metilszulfonil)-2-nitrobenzoil]ciklohexán-1,3-dion) a 4-hidroxifenil-piruvát-dioxigenáz enzim (HPPD) gátlásával fejt ki a hatását. Ez az enzim kulcsfontosságú a plasztokinon és a tokoferolok bioszintézisében (Mitchell et al., 2001; Giese et al., 2005; McCurdy et al., 2009; Beck et al., 2015). A mezotrion közvetve gátolja a karotinoid bioszintézist és a gyomnövényeken történő alkalmazásának elsődleges tünete a szövetek kifehéredése, amelyet a növény elhalása követ (Secor, 1994; Pallett et al., 1998; Mitchell et al., 2001, Kopsell et al., 2010). Szójában a vizuális tünetek először klorózisban majd enyhébb nekروزisban nyilvánultak meg, amely később súlyosbodott, illetve megfigyelhető volt még magasságcsökkenés (Stephenson et al., 2022). A mezotrion széles hatásspektrumú gyomirtó képességéről ismert, ez a tulajdonsága kulcsfontosságú a kukoricatermesztésben alkalmazott integrált gyomirtási stratégiák szempontjából (Bollman et al., 2008; Walsh et al., 2012; Sairam et al., 2023). A mezotrion különösen hatékony lehet pre- és posztemergensen egyaránt az ujjasmuhar (*Digitaria* spp.) ellen, gyepesített rendszerekben (Beck et al., 2015).

2.3.5. Fotoszintézis gátlás a Ps II. rendszerben

A csoportba számos herbicid hatóanyag tartozik. Az elsődleges mechanizmus, amellyel a herbicidek kifejtik hatásukat az elektronátviteli folyamatok megzavarása (Mine és Matsunaka, 1975), pl. a metribuzin a D1 fehérjéhez kötődve megszakítja az elektronok áramlását a fotoszintézis során (Abou-Khater et al., 2021). A csoportba tartozó metobromuron például a növények gyökerén keresztül szívódik fel, majd a transzlokálódik a növény többi részébe. A leveleken belül megzavarja a fotoszintézis folyamatát, így gátolja a célzott gyomnövények fejlődését (Leila et al., 2011).

A metobromuron (3-(4-brómfenil)-1-metoxi-1-metilkarbamid), egy fenil-karbamid osztályba tartozó gyomirtó szer, amelyet gabonafélék és zöldségfélék kétszikű

gyomnövényei ellen használtak (Leila et al., 2011). Ezt a hatóanyagot Ontario tartományban (Kanada) általánosságban egyéves kétszikű gyomnövények ellen alkalmazták különböző hüvelyes kultúrákban (El-Afifi és Láng, 1981; Park és Hamill, 1993). Napjainkban Magyarországon ez a hatóanyag napraforgóban, szójában és burgonyában (*Solanum tuberosum* L.) van engedélyezve.

A metribuzin kémiai néven 4-amino-6-terc-butil-3-(metiltio)-1,2,4-triazin-5(4H)-on a triazinok osztályába tartozik, amely gyomirtó hatásáról ismert. Golubev (2023) eredményei szerint a metribuzin 90-95%-os hatékonysággal kontrollálta többek között a fehér libatop és a szőrös disznóparéj gyomokat, valamint 50-65%-os hatékonyságot mutatott a porcsin keserűfű (*Polygonum aviculare* L.) ellen, azonban kevésbé volt hatékony a közönséges parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) és a ragadós galaj (*Galium aparine* L.) ellen.

A klórtoluron (3-(3-klór-4-metilfenil)-1,1-dimetilkarbamid) egy magas aktivitású fenil-karbamid osztályba tartozó gyomirtó szer viszonylag alacsony toxicitással, amit széles körben használnak gabonafélékben, gyapotban (*Gossypium* Sp.), mákban (*Papaver somniferum* L.) és gyümölcs kultúrában a gyomnövények ellen (Lechón et al., 1997; Sharples et al., 1997; Kočárek et al., 2005; Song et al., 2007). A klórtoluron 2 kg hatóanyag ha⁻¹ dózisban hatékony védelmet biztosított az olasz perje (*Lolium multiflorum* Lam.) ellen (Alshallash, 2014). A klórtoluron hatóanyagú Dicuran hatékonyan bizonyult a fehér libatop (*Chenopodium album* L.), szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.), vadrepce, orvosi székfű (*Matricaria chamomilla* L.), útszéli zsázsa (*Lepidium draba* L.), baracklevelű keserűfű (*Polygonum persicaria* L.), tarlóvirág (*Stachys annua* L.), valamint számos egyszikű növény ellen, például egynyári perje (*Poa annua* L.), fakó muhar (*Setaria pumila* L.), zöld muhar (*Setaria viridis* L.) (Tóth et al., 2013). A csillagfűrtben már tesztelték 1,5 kg hatóanyag ha⁻¹ dózisban a klórtoluront preemergensen (Dewitte et al., 2006).

A bentazon (3-izopropil-1H-2,1,3-benzotiadiazin-4(3H)-on-2,2-dioxid) egy szelektív gyomirtó szer, amelyet a világ főbb kultúrnövényeiben alkalmaznak, például szójában a kétszikűgyomok és sásfélék (*Carex*) ellen (Mine és Matsunaka, 1975). A bentazont különböző hüvelyes takarmánynövényekben, köztük a tavaszi búkkönyben alkalmazták posztemergensen 1,0 és 1,2 kg hatóanyag ha⁻¹ dózisban 1,5%-os koncentrációjú olajjal kombinálva. A bentazon + olaj alkalmazása mindkét mennyiségben kielégítő eredményeket hozott, alkalmazásával jól lehetett kontrollálni a fehér libatopot, ragadós galajt, mályvát (*Malva* sp.), pipacsot (*Papaver rhoeas* L.) és a vadrepcét is. A

perjefélékre (*Poaceae* spp.) azonban nem volt hatással a hatóanyag. A tanulmány szerint posztemergensen bentazon használata tavaszi bükköny esetében nem indokolt, hacsak nincs erős gyomfertőzés (Americanos és Droushiotis, 1998).

A terbutilazint (N^2 -terc-butil-6-klór- N^4 -etil-1,3,5-triazin-2,4-diamin) a klór-s-triazin osztályba tartozik, (Želježić et al., 2018). A terbutilazint és a szimazint sikeresen használták gyomirtásra Ausztráliában a csillagfűrtben, körülbelül egymillió hektáron (Gilbey, 1990). Két helyszínen, a 2001 és 2002-es tenyészidőszakban különböző csillagfűrt fajtákban tesztelték preemergensen a terbutilazint, négy dózisban (0,6; 1; 1,2; 2,0 l ha⁻¹) (Toit, 2003). Kádár (2024) eredményei szerint vetés után, kelés előtt alkalmazható csillagfűrtben, többek között a dimetenamid-P + terbutilazin és az S-metolaklór + terbutilazin. Szőszös bükkönyben három nappal a növények vetését követően alkalmazták a terbutilazint (1 kg ha⁻¹) az S-metolaklórral (1,0 l ha⁻¹) kombinálva (Oliva, 2020). Posztemergensen a terbutilazin a glifozáttal az atrazin alternatívája lehet kukoricatermesztésben mivel hasonló vagy hatékonyabb védekezést biztosít a fűfélék ellen (Bottcher et al., 2022). A kukorica gyomnövényeit hagyományosan preemergens technológiában terbutilazinnal kezelték, mivel a gyomnövények széles spektruma ellen alkalmazható. Hatása gyors és tartós, a kukoricafajták képesek tolerálni, valamint alkalmazható más hatóanyagokkal kombináltan (Schulte et al., 2012).

2.3.6. Acetolaktát-szintetáz; acetohidroxiacit-szintetáz gátlók

Az enzimek létfontosságúak az elágazó láncú aminosavak (valin, leucin és izoleucin) bioszintéziséhez, amelyek nélkülözhetetlenek a növények növekedéséhez és fejlődéséhez (Mendes et al., 2020; EFSA, 2008). Ennek gátlása a növényi sejtosztódásnak és a növekedés gyors leállításához vezet, hatékonyan megfékezve a gyompopulációkat (Brown, 1990).

Több évben is posztemergensen került kijuttatásra az imazamox hatóanyag [2-[(RS)-4-izopropil-4-metil-5-oxo-2-imidazolin-2-il]-5-metoximetilnikotinsav]. Az imazamox egy imidazolinon osztályba tartozó gyomirtó szer, amelyet számos gyomnövény ellen használnak hüvelyes kultúrákban (Bukun et al., 2012). Kousta et al. (2024) több hüvelyesben, köztük fehérvirágú csillagfűrtben és bükkönyben alkalmazták posztemergensen az imazamox hatóanyagot. Az imazamox az acetolaktát-szintetáz (ALS) gátlók kategóriájába tartozik. A tavaszi bükkönyben korai posztemergensen tesztelték az imazamox hatóanyagot 0,03-0,04 kg hatóanyag ha⁻¹ dózisban (Vasilakoglou et al., 2013),

valamint kipróbálták a tavaszi és szőszös bükkönyben az imazamox hatóanyagot önmagában és bentazonnal kombinálva is (Hinds-Cook et al., 2021). Nelson et al. (1998) szója kultúrában végzett kísérletében az imazamox 64%-kal csökkentette a parlagfű szárazanyag tömegét, ami azt jelzi, hogy hatékony a gyomnövény ellen, továbbá a libatop ellen szabadföldi és üvegházi körülmények között is hatékonyabb védekezést eredményezett, mint az összehasonlításban szereplő másik hatóanyag, az imazetapir.

A szulfoszulfuron (1-(4,6-dimetoxipirimidin-2-il)-3-[2-etilszulfonilimidazo[1,2-a]piridin-3-ilszulfonil]karbamid) az ALS blokkolásával fejti ki hatását (Chaleff és Mauvais, 1984). A szulfonilureák osztályába tartozó szulfoszulfuron különböző kalászos növényekben van engedélyezve a világon (Tóth, 2001). A szulfoszulfuron hatékony védekezést eredményezhet búzában kétszikű és egyszikű gyomnövények ellen, mint a kismagvú fénymag (*Phalaris minor* Retz.) (Saha et al., 2003). A többi szulfonilurea hatóanyag mellett a szulfoszulfuron hatékony védekezést képes biztosítani a ragadós galaj ellen (Reisinger és Nagy, 1999). Novák és Toplak (2000) eredményei szerint a nagy széltippán (*Apera spica-venti* L.) ellen a szulfoszulfuron hatékonyabb védekezést biztosít, mint az izoproturon. A szulfoszulfuront tesztelték mungóbabban (*Vigna radiata*) is, ahol 200 és 400 µg kg⁻¹ mennyiségben juttatták a talajba (Khan et al., 2006). A szulfoszulfuron hatékony a nemkívánatos, invazív egynyári fűfélék visszaszorításában anélkül, hogy jelentősen akadályozná a legelőfűfélék növekedését és élettani folyamatait, így hasznos lehet a legelőkön (Monaco és Creech, 2004).

A trifluszulfuron-metil [metil-2-({4-(dimetilamino)-6-(2,2,2-trifluor-etoxi)-1,3,5-triazin-2-il}karbamoil)sulfamoil]-3-metilbenzoát] a szulfonilurea herbicidek egyik alosztályába tartozik, amelyek a növényi növekedés gátlásának hatékonyságáról ismertek (Mereiter, 2011). A trifluszulfuron-metil elsődleges hatásmechanizmusa az AHAS enzim gátlása (EFSA, 2008). A trifluszulfuron-metil a nehezen irtható gyomnövények gyökerein és levelein is hatékonyan fejti ki hatását száraz időben is. A trifluszulfuron-metil a gyomirtási stratégia részeként jelentősen hozzájárult a gyomok sűrűségének és diverzitásának csökkentéséhez a cukorrépa (*Beta vulgaris* var. *altissima*) területeken. A trifluszulfuron-metilt tartalmazó stratégia igen hatékornak bizonyult a különböző gyomfajok, köztük a keserűfűfélék, a libatopfélék és a kakaslábű erős fertőzésének visszaszorításában (Tóth, 2004; Smatana et al., 2008).

A tifenzulfuron-metil (metil-3-[(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)karbamoil]sulfamoil)tiofén-2-karboxilát) elsősorban az acetolaktát-szintáz (ALS) gátlásán keresztül gátolja a gyomok növekedését. Halász (2003) kísérletei során hosszú

hatástartalmú szerekkel kísérletezett, korábbi kutatások tapasztalataira alapozva preemergensen kijuttatva többek között a tifenzulfuron-metilt alkalmazta. A tifenzulfuron-metil és tribenuron-metil 2:1 arányú keverékének szimulált elsodródásának hatását vizsgálták hajdinára, repcére, borsóra, lencsére és napraforgóra (Wall, 1994). Illinois álamban 1995 és 1996-ban 2,2 és 8,8 g hatóanyag ha⁻¹ mennyiségében szabadföldön alkalmazták a tifenzulfuron-metil hatóanyagot szójában (Hart és Roskamp, 1998).

2.3.7. Auxin hatású hatóanyagok

Az auxin hatású vegyületek szisztémásan transzlokálódhatnak a floém és a xilém szállító szövetekben, és végül felhalmozódhatnak az osztódó (merisztéma) szövetekben. A fogékony növényekben epinasztiát, deformációt, nekrozist, majd a növény pusztulását okozzák (McCauley et al., 2018). Az auxinszerű vegyületek megzavarják a növények fejlődését és növekedését (Barros, 2017).

A quinmerak (7-klór-3-metilkinolin-8-karbonsav) szintén egy preemergensen és posztemergens alkalmazott hatóanyag, amit azonban csak kétszikű gyomnövények ellen használható (Bálint et al., 2012), repcében és fejes káposztában (*Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *alba*) engedélyezett hatóanyag (Szpyrka et al., 2020).

A halauxifen-metil [metil-4-amino-3-klór-6-(4-klór-2-fluor-3-metoxifenil)-piridin-2-karboxilát] az új, szintetikus auxin hatásmechanizmusú herbicidek osztályába tartozó hatóanyag (Epp et al., 2018; Xu et al., 2022). A halauxifen-metil által okozott tünetek hasonlóak más auxin gyomirtó szerek által okozott tünetekhez. A halauxifen-metil hatékonyan alkalmazható fogékony túlfejtett gyomnövényekkel szemben, például hatékonyan kontrollálta a 30 centiméter magas parlagfűvet (Pásztor és Bakocs, 2022). A halauxifen-metilt szójában alkalmazták különböző vetés előtti időpontokban. 2015-ben egyik időpontban alkalmazva sem mutatott fitotoxicitást. 2016-ban azonban a vetés előtt egy, illetve két héttel használt halauxifen-metil több helyszínen is 0-15%-os fitotoxicitást mutatott a vetést követő 14. napon. A halauxifen-metil vetés előtti alkalmazása egyik évben sem volt hatással a szója állománysűrűségére vagy a szemtermés mennyiségére (Zimmer et al., 2019).

A pikloram (4-amino-3,5,6-triklórpíridin-2-karbonsav) egy nagyon hatékony, kétszikűek ellen alkalmazható gyomirtó szer, amely 1963 óta van kereskedelmi forgalomban (Schmitzer et al., 2015). Ezek a vegyületek a kétszikű növények széles

skálája ellen hatékonyak (McSteen, 2010), ebből kifolyólag alkalmazzák egyszikű kultúrákban kétszikű növények eltávolítása céljából. A pikloramot más szintetikus auxin vegyületekkel ellentétben leggyakrabban az erdő- és legelőgazdálkodásban alkalmazzák (Evans és Norris, 1986; Mithila et al., 2011; Kathare et al., 2020), míg hazánkban elsősorban őszi káposztarepcében (*Brassica napus* L.) használják. Kukorelli et al. (2023) eredményei alapján az őszi káposztarepcében az aminopirialid + pikloram + klopirialid alkalmazása hatékony védekezést nyújthat mezei aszat (*Cirsium arvense* L.) ellen.

Az MCPB (4-(4-klór-2-metilfenoxi)butánsav) hatóanyagot tavaszi búza és tavaszi árpa kultúrákban alkalmazták az Egyesült Királyságban (Evans, 1961). A légzési anyagcserét auxin szerű tünetekkel fokozó szerek pl. az MCPB megzavarja a növényi sejtek energiatermelési folyamatát az oxidatív foszforiláció szétkapcsolásával. Ez a beavatkozás csökkenti az alapvető anyagcsere-folyamatokhoz rendelkezésre álló energiát, ezáltal gátolja a gyomnövekedést (Kirkwood et al., 1972). Az MCPB általában hatékony volt a tavaszi gabonafélék gyomnövényeinek visszaszorításában. Különböző dózisokban és időpontokban alkalmazták, hogy felmérjék a gyomirtásra gyakorolt hatását. A kísérletek eredményei azt mutatták, hogy az MCPB korai alkalmazása gyakran jobb gyomirtást eredményezett a későbbi alkalmazásokhoz képest (Evans, 1961). Az MCPB hatóanyagot az ajánlott dózisban és annak kétszeresével Lairdban és Sutherlandben tesztelték borsó és lencse kultúrákban (Germida et al., 1986). Eseti engedéllyel, amennyiben indokolt, Lenti et al. (2008) javasolta lóbabban (*Vicia faba* L.) kétszikűek ellen az MCPB alkalmazását.

A klopirialid (3,6-diklórpikolsav) egy szintetikus piridin-karboxilát-auxin hatóanyag különösen hatékony lehet a fogékony növények hajtás és gyökér száraz tömegének csökkentésében (Kloppenburger és Hall, 1990; Amac és Liman, 2021). A pohánka kultúrában a klopirialidot $0,6 \text{ l ha}^{-1}$ mennyiségben posztemergensen kijuttatva hatékonyan tudjuk alkalmazni kétszikű gyomnövények ellen (Gonda, 2016). A hatóanyagot kelés után három hétig a virágzást megelőzően kell kijuttatni az állományra (Sakaliene et al., 2008). Jelenleg nincsenek olyan gyomirtó szerek engedélyezve hazánkban amiket ki lehetne juttatni pohánka kultúrában kétszikű gyomok ellen. Litvániában négyéves gyomirtási kísérletet végeztek, amelyben a klopirialid több dózisát tesztelték (50, 75, 90, és $180 \text{ g hatóanyag ha}^{-1}$) posztemergensen kijuttatva magában és dezmedifámmal kombinálva. A klopirialidot 2000-ben és 2001-ben preemergensen is alkalmazták $180 \text{ g hatóanyag ha}^{-1}$ dózisban, a kísérletekben több mint 40%-os hatékonysággal szorította vissza a fehér libatopot, a kaporlevelű ebszékfűvet,

(*Tripleurospermum inodorum* L.), a szulák keserűfűvet és a keskenylevelű sólyomszakállt (*Crepis tectorum* L.). A klopíralidot regisztrálták mezei aszat, szulák keserűfű (*Polygonum convolvulus* L.) ellen gabonafélékben és repcében, így Európában és Észak-Amerikában e gazdaságilag jelentős gyomnövények elleni védekezés fontos hatóanyaga (Moore, 1975; Hume et al., 1983; Hall és Vanden Born, 1988; Sakaliene et al., 2008).

A 2,4-D (2-(2,4-diklórfenoxi)ecetsav) kölcsönhatásba lép az auxin receptorokkal, ezek a receptorok különböző sejtfolyamatokban vesznek részt, mint a sejtosztódás és a fejlődési szabályozás (Peterson et al., 2016). Továbbá kölcsönhatásba léphet más herbicidekkel, ami olykor antagonista hatásokhoz vezethet, különösen, ha acetilkoenzim-A-karboxiláz (ACCáz) gátlókkal keveredik. Gyakran alkalmazzák más herbicidekkel kombinálva, hogy kiterjesszék a hatásspektrumát és csökkentsék a rezisztencia kialakulásának kockázatát. Kijuttatást követően a tünetek közé tartozik a rendellenes, szabályozatlan növekedés, a levelek lefelé görbülése és a szár csavarodása. A föld feletti tünetek mellett a 2,4-D gyökérsérülést is okozhat, különösen, ha bizonyos fejlődési szakaszokban alkalmazzák. A 2,4-D sejt és szövetkárosodást okoz, amely végül a fogékony növények pusztulásához vezet (Peterson et al., 2016). Horvátországban pohánka kultúrában vetés után alkalmazták magában a 2,4-D hatóanyagot ($1,5 \text{ l ha}^{-1}$) és kombináció részeként (Knezevic és Baketa, 1989). A gazdálkodók gyakran alkalmazzák az alacsony dózisu 2,4-D-t, ($70\text{-}140 \text{ g hatóanyag ha}^{-1}$), mint költséghatékony herbicides módszert az egynyári kétszikű gyomok visszaszorítása érdekében a hajdinában (Wall és Smith, 1999). Egy vizsgálat kimutatta, hogy a hajdina képes elviselni az alacsony dózisu fenoxi (auxin hatású) gyomirtó szereket károsodás és termésveszteség nélkül, feltéve, hogy a növényt a korai növekedési szakaszban 2 leveles fejlődési szakasz végéig permetezik. Általánoságban elmondható, hogy minél korábban permetezik a növényt annál könnyebben regenerálódik és a termésveszteség mértéke is kisebb. A vizuális értékelés azonban nem mindig pontos, mivel Brandonban (Kanada) 1996-ban négy leveles korban végzett herbicid kijuttatáskor tapasztalták a legnagyobb károsodást, azonban a terméskiesés nem itt volt a legnagyobb mértékű (Wall és Smith, 2000). A homokos vályog talajon tavaszi bükkönyben tesztelték a 2,4-D amin hatóanyagot magában ($0,25, 0,5 \text{ és } 1,0 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$), valamint a metabenzthiazuronnal kombinációban (Balyan és Malik, 1991). Egy vizsgálatban a 2,4-D rendkívül hatásosnak bizonyult az *Amaranthus palmeri* ellen, 97%-os hatékonyságot értek el. Ez a gyomnövény különösen nagy gondot okoz a mezőgazdasági környezetben agresszív növekedése és más herbicidekkel szembeni rezisztenciája miatt (Joseph et al., 2018).

2.3.8. Lipid bioszintézis gátlók

A proszulfokarb (S-benzil-N,N-dipropil-tiokarbamát) egy tio-karbamát osztályba tartozó gyomirtó szer, amely alkalmazásával gátolhatjuk a lipidek szintézisét, amelyek létfontosságúak a kutikula viaszának és a plazmamembrán egyéb összetevőinek kialakulásához. Ezek nélkülözhetetlenek a sejtnövekedéséhez, gátlásuk visszatartja a gyomnövények növekedését (Jursík et al., 2011; Devault et al., 2019). A proszulfokarbot elsősorban a búza, és a durumbúza (*Triticum durum*) termesztése során használják olyan gyomfajok ellen, mint például a perje (*Lolium rigidum* Gaud.), amelyek rezisztenciát fejlesztettek ki más gyomirtó szerekkel, például az ALS és az acetyl CoA karboxiláz (acetyl CoA carboxylase: ACCáz) gátlókkal szemben (Khammassi et al., 2019). A proszulfokarbot széles spektrumú gyomirtóként írják le, ami azt jelenti, hogy a gyomfajok széles skálája ellen hatékony, beleértve a fűféléket és a kétszikű gyomnövényeket is (Bailly, 2011). A fehér és sárgavirágú csillagfűrtben egyaránt tesztelték már a hatóanyagot 2,4 kg hatóanyag ha⁻¹ mennyiségben kelés előtt kijuttatva (Dewitte et al., 2006).

2.4. A kiskultúrák termesztésének helyzete, gyakorlati nehézségei

Az elhanyagolt és alulhasznosított növényfajok jelentős potenciállal rendelkeznek az alultápláltság, éhezés és a szegénység mérséklésében. Mivel a néhány domináns gabonanövénytől nevezetesen a rizstől, a kukoricától és a búzától való túlzott függés önmagában nem elegendő a globális élelmiszer-energiaigény kielégítésére, szükség van a növények azonosítására, genetikai fejlesztésére, valamint a hasznosításukat támogató különböző szakpolitikai intézkedések kidolgozására (Ali és Bhattacharjee, 2023). Bizonyos növények alulhasznosítottságának fő okai közé tartozik a nagymértékű monokultúras mezőgazdaság térnyerése, valamint a nagyobb termőképességű fajták előnyben részesítése. Figyelemre méltó, hogy ezek az alulhasznosított növények formális támogatás nélkül is fennmaradtak, ami arra utal, hogy kiemelkedő tápértékük és az emberi egészségre gyakorolt kedvező hatásaik mellett olyan értékes tulajdonságokkal is rendelkeznek, amelyek hasznosak lehetnek a klímaváltozás által alakított környezethez való alkalmazkodás és az ellenálló képesség erősítése szempontjából. Ennek megfelelően kívánatos a növények újbóli integrálása a globális élelmiszerrendszerbe (Knez et al.,

2023). A pillangós növényfajok mezőgazdasági felhasználását azonban korlátozza a magnyugalom. A magnyugalom csökkenti az állomány megfelelő kialakulását a vetés után (Kissing Kucek et al., 2020). Halász (2003) megállapítása alapján a csillagfürt a búzához és a kukoricához viszonyítva ökológiailag érzékenyebb kultúrának tekinthető, ezért termesztése során az agrotechnikai beavatkozások időzítése és szakszerű kivitelezése kiemelt jelentőségű. Arncken et al. (2020) szerint a fehér csillagfürt termesztésének fő hátrányai közé sorolható az antraknózis okozta termésveszteség kockázata, a késői gyomosodás, a viszonylag késői betakarítás, valamint az, hogy termesztése elsősorban akkor tekinthető biztonságosnak, ha a termelő előre ismeri az értékesítési lehetőségeket. Ramírez-Parra et al. (2023) alapján a tavaszi bükköny termesztését számos abiotikus és biotikus stresszhatás korlátozza, amelyek jelentősen befolyásolják a termesztés biztonságát és sikerességét. A szerzők emellett rámutatnak arra is, hogy a magokban jelen lévő antinutritív anyagok a hasznosíthatóságot is korlátozhatják, így nemcsak termesztéstechnológiai, hanem felhasználási szempontból is fontos akadályt jelentenek. A pohánka esetében a hő és aszálystressz negatívan befolyásolja a növény fejlődését, valamint a növény és beporzó kölcsönhatásokat is, ami hatással van a magkötésre és a termés mennyiségére (Defalque et al., 2025).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

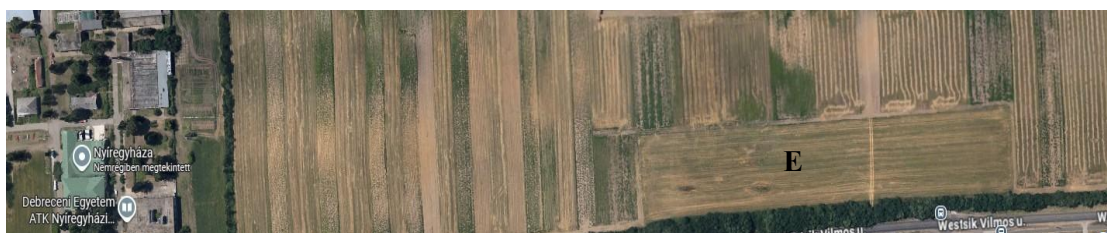
3.1. A kísérleti terület jellemzése

A szántóföldi kísérletek a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézetében (Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye) kerültek beállításra. A növényi betegségek megelőzése és a vetésforgó betartása érdekében a szabadföldi kisparcellás kísérletek helyszínét évente változtattuk (1. kép).



1. kép. A: A 2022-es szabadföldi kisparcellás kísérletek elhelyezkedése (47.981134, 21.702209). B: A 2023-as szabadföldi kisparcellás kísérletek elhelyezkedése (47.976727, 21.695890). C: A 2024-es szabadföldi kisparcellás kísérletek elhelyezkedése (47.974649, 21.696900). D: A 2025-ös szabadföldi kisparcellás kísérletek elhelyezkedése (47.973488, 21.693364)

2025-ben a szöszös bükköny herbicid kísérletet eltérő területen állítottuk be az őszi vetésidő miatt (2. kép).



2. kép. E: A 2025-ös szabadföldi kisparcellás kísérletek elhelyezkedése (47.982786, 21.704003)

3.1.1. Kutatási terület talajvizsgálati eredményei

2022 évben a kísérletek közepes humusz tartalmú homoktalajon, míg a 2023 és 2024 években jó humusz ellátottságú, homokos vályog talajokon állítottuk be. 2025-ben a kísérleteket magas humusz tartalmú homoktalajon állítottuk be. A kísérleti táblák talajvizsgálati eredményeit az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A kísérleti területek talajának jellemzői

Talajtulajdonságok*	2022	2023	2024	2025
Kémhatás pH (KCl)	7,46	7,66	7,4	7,75
Arany-féle kötöttségi szám (K _A)	26	34	30	42
Vízben oldható összes só (m/m) %	<0,02	0,03	<0,02	<0,04
Szénsavas mész (m/m) %	0,844	5,84	2,42	1,73
Humusz tartalom (m/m) %	1,11	1,63	1,53	2,53
Foszfor-pentoxid (mg kg ⁻¹)	440	347,3	231,7	317
Kálium-oxid (mg kg ⁻¹)	252	340,3	263,6	495

*mintavételezési mélység: 2022 és 2025: 0-30 cm; 2023 és 2024: 0-25 cm

2025-ben a szöszös bükköny kísérletet közepes humusz tartalmú homokos talajon állítottuk be (2. táblázat).

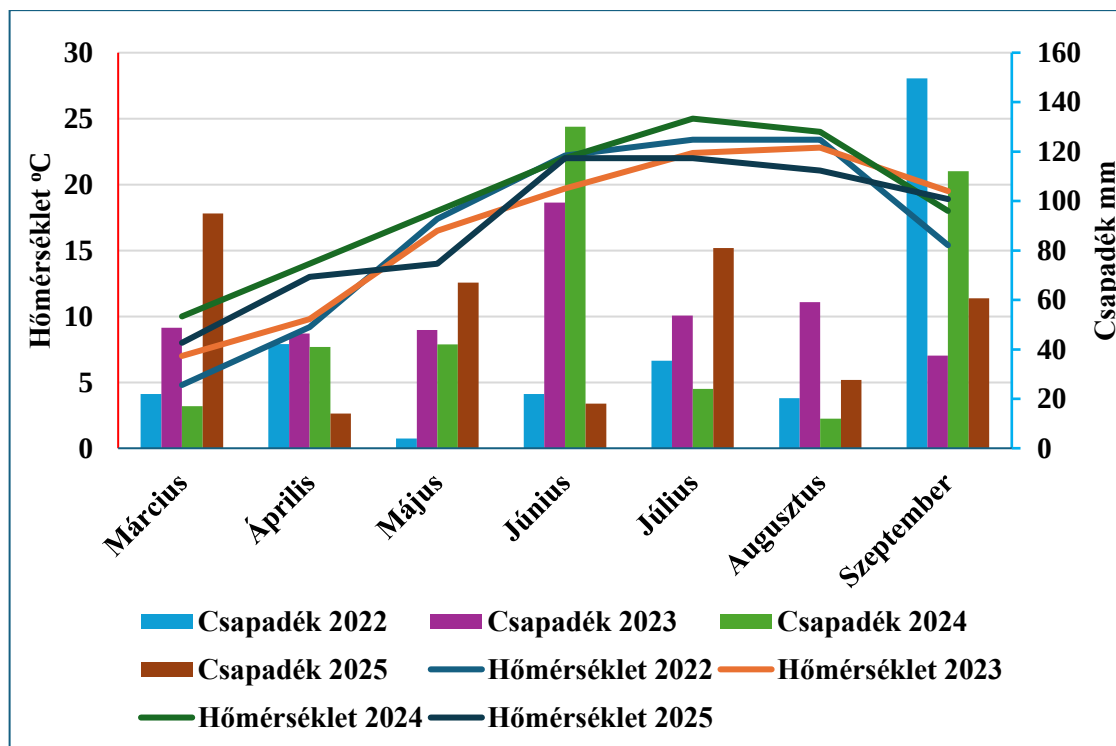
2. táblázat. A szösös bükköny kísérleti terület talajának jellemzői 2025-ben

Talajtulajdonságok*	2025
Kémhatás pH (KCl)	5,17
Arany-féle kötöttségi szám (K _A)	26
Vízben oldható összes só (m/m) %	0,02
Szénsavas mész (m/m) %	< 0,100
Humusz tartalom (m/m) %	1,15
Foszfor-pentoxid (mg kg ⁻¹)	114
Kálium-oxid (mg kg ⁻¹)	138

*mintavételezési mélység: 0-30 cm

3.1.2. Kutatási terület időjárási körülményeinek jellemzése

A havi átlaghőmérsékletek július-augusztus hónapig emelkedtek, az évjáratok között több hónapban jelentős eltérések mutatkoztak. A kora tavaszi (március, április) hőmérsékletek 2024-ben magasabbak voltak, mint az előző években. 2023-ban és 2025-ben a július bizonyult hűvösebbnek a másik két évhez hasonlítva (1. ábra). A csapadék terén azonban jelentős eltérések voltak. A 2022-es évben aszály volt jellemző az ország egész területén, a csapadék eloszlása is nagyon kedvezőtlenül alakult: a késő tavaszi (május) és nyári hónapokban elenyésző mennyiségű csapadék hullott. Nagyobb mennyiségben és egyenletesebb eloszlással érkezett a csapadék 2023 évben. 2024 évben a június hónapban kiugró csapadék mennyiséget dokumentáltunk. 2025-ben a legmagasabb csapadék mennyiséget márciusban mértük.



1. ábra. A kísérleti évek (2022, 2023, 2024 és 2025) tenyészidőszakára jellemző csapadékmennyiség (mm) és havi átlaghőmérséklet (°C).

3.1.2.1 A tenyészidőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2022. évben

A 2022. évi szélsőséges aszály jelentős terméskieséshez vezetett és hatással volt a termés minőségére is hazánkban (Bíró és Kovács, 2023). A május havi szárazság (3,9 mm csapadék) mindkét kultúra fejlődését negatívan befolyásolta. A csillagfürt fajok transzpirációs együtthatója magas (600-1000 l víz kg⁻¹ szárazanyag). A fehérvirágú csillagfürt ebben a hónapban virágzást megelőző állapotban volt, a száraz időjárás nagy számban eredményezhet meddő virágokat, a növények is alacsonyak maradhatnak (Kruppa et al., 2012). A tavaszi bükköny májusban jelentős zöldtömeg növekedésen ment keresztül azonban a csapadékhiány miatt ez a növekedés a későbbiekben lassabb volt. A tavaszi bükköny vízigénye több forrás szerint is jelentős (Radics és Pusztai, 2011; Zsombik, 2019).

3.1.2.2 A tenyészidőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2023. évben

Június közepén a csillagfürt már virágzott, míg a hónap végén a tavaszi bükköny és hajdina növények is virágzásnak indultak. A pohánka sekélyen gyökerezik, kritikus időszak termesztése során a virágzás stádiuma, ekkor az aszály különösképpen megviseli (Dóka, 2019).

3.1.2.3 A tenyészedőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2024. évben

Júniusban kiugró mennyiségű csapadék hullott, ekkor a csillagfürt növények esetében a hüvelyérés majd a magérés zajlott. A talaj nedvességtartalma befolyásolja a *Rhizobium* baktérium tevékenységét, valamint a magok kémiai összetételét (Kruppa et al., 2012). Putnam et al. (1992) az öntözés hatásait is vizsgálták az fehérvirágú csillagfürtön. A teljes öntözés 1988-ban átlagosan 553%-kal, 1989-ben 229%-kal és 1990-ben 52%-kal növelte a vetőmagtermést az öntözetlen kontrollhoz képest, de a vetőmag fehérjekoncentrációja 2,5-7,9 százalékkal csökkent. A magtermés növekedése az öntözés hatására leginkább a hajtások számának növekedése és a hüvelyek számának növekedése által valósult meg. Növekedett a hüvelyenkénti magok száma és tömege is. A tavaszi bükköny állományban a virágzás csak korlátozottan ment végbe. A pohánka júniusban virágzott. A túlzott talajnedvesség csökkentheti a nyári hajdina (*Fagopyrum esculentum* Moench. cv. Kitawasesoba, summer ecotype) magtermését, különösen az első levelek megjelenése és a virágzás szakaszában (Sugimoto és Sato, 2000).

3.1.2.4 A tenyészedőszakot befolyásoló meteorológiai adatok elemzése a 2025. évben

2025-ben a csillagfürt és tavaszi bükköny vetését megelőző márciusi hónapban jelentős mennyiségű, 95 mm csapadék esett. Bélteky és Kovács (1982) kiemeli a csírázás és csírázást követő időszakban a csillagfürt fokozott vízigényét. A tenyészedőszakokat jelentősen befolyásoló, márciustól júniusig tartó időszakban a havi átlaghőmérséklet fokozatosan emelkedett, majd júliusban stagnált. A csapadék mennyisége ezzel szemben erősen ingadozott. Az éghajlatváltozás befolyásolhatja a gyomirtó szerek hatékonyságát, ami a gyomszabályozást a fenntartható gazdálkodás egyik fő kihívásává teszi (Varanasi et al., 2016).

3.2. Kísérletek beállítása

A kísérletben tesztelt növényfajokat és fajtákat, valamint az előveteményekre, parcellaméretekre és vetésidőpontra vonatkozó adatokat az 3. táblázat tartalmazza. Minden kísérleti évben négyismétléses, randomizált komplett blokk elrendezést alkalmaztunk. A kísérletek agrotechnikai kivitelezése a széleskörű gyakorlatban alkalmazott termesztéstechnológia szerint történt.

3. táblázat. A kísérletek beállítási körülményei

Növényfaj; fajta	Elővetemény	Parcella- méret	Vetés ideje
2022			
Fehérvirágú édes csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.); 'Nelly'	Kukorica (<i>Zea mays</i> L.)	1,7 x 5 m	Április 07.
Tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.); 'Emma'	"	"	"
2023			
Fehérvirágú édes csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.); 'Nelly'	Napraforgó (<i>Helianthus annuus</i> L.)	2 x 10 m	Április 24.
Tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.); 'Emma'	"	"	Április 24.
Pohánka (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.); 'Hajnalka'	"	"	Május 24.
2024			
Fehérvirágú édes csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.); 'Nelly'	Kukorica (<i>Zea mays</i> L.)	1,7 x 5 m	Március 18.
Tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.); 'Emma'	"	"	Március 18.
Pohánka (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.); 'Hajnalka'	"	"	Május 08.
Szöszös bükköny (<i>Vicia villosa</i> Roth.); 'Hungvillosa'	"	"	Március 04.
Szöszös bükköny (<i>Vicia villosa</i> Roth.); 'Hungvillosa'	"	"	Október 17.
2025			
Fehérvirágú édes csillagfürt (<i>Lupinus albus</i> L.); 'Nelly'	Kukorica (<i>Zea mays</i> L.)	1,7 x 5 m	Április 09.
Tavaszi bükköny (<i>Vicia sativa</i> L.); 'Emma'	"	"	Április 09.
Pohánka (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.); 'Hajnalka'	"	"	Május 28.

3.3. Gyomirtó-szer-kezelések

A gyomirtó szerek kijuttatására a 2022., 2024. és 2025-ös években a Stihl SG 71-es hâti permetezôt használtuk, 300 l ha⁻¹ lémennyiséggel. A 2023. kísérleti évben a hatóanyagokat Szolnok PP01HT kisparcellás permetezőgéppel juttattuk ki, 275 l ha⁻¹ lémennyiséggel.

3.3.1. *A csillagfûrtben alkalmazott gyomirtószeres kezelések*

A 2022. kísérleti évben a csillagfûrtben a vetést követô napokban hét kezelést alkalmaztunk preemergensen, egy kezelést (imazamox) alkalmaztunk posztemergensen 32 nappal a vetést követôen, ekkor az állomány BBCH 39 fenofázisban volt, azaz 11 vagy több levél kifejlôdve (4. táblázat). A vetést követô második napon 12 mm csapadékot hullott.

A 2023-as kísérleti évben együttmûködést folytattunk szabadföldi kutatásunkban a Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Fôosztályával. Az együttmûködéssel nagymértékben bôvült az alkalmazott hatóanyagok köre. A fehérvirágú csillagfûrt és tavaszi bükköny kísérletek tartalmaztak preemergens kezeléseket, azonban a kijuttatást követô két hétben nem érkezett csapadék a területre, így az érintett kezelések kivonásra kerültek a kísérletbôl. A csapadék kritikus szerepet játszik a preemergens gyomirtó szerek hatékonyságában, mivel befolyásolja azok aktiválódását. A megfelelô és idôben lehullott csapadék szükséges az optimális gyomirtó szer-hatáshoz (DiTomaso, 1997). A csillagfûrtben a klasszikus posztemergens kezeléseket a vetést követô 30. napon, BBCH 39 fenológiai állapotban végeztük el. A késôbbi posztemergens kezelések halauxifen-metil, illetve halauxifen-metil + pikloram kijuttatására a vetést követô 39. napon került sor, szintén BBCH 39 állapotban, ekkor azonban az állomány a klasszikus posztemergens kezelés idôpontjához képest fejlettebb lombállománnyal rendelkezett, megközelítôleg 4–6 levéllel nagyobb levélszámmal.

A 2024-es kísérleti évben a csillagfûrtben a vetést követôen 3 nappal juttattuk ki a preemergens kezeléseket. A kezeléseket követô két hétben 12,3 mm csapadékot dokumentáltunk. A klasszikus posztemergens hatóanyagokat a vetést követô 30. napon, BBCH 39 fenológiai állapotban alkalmaztuk, míg a késôbbi posztemergens kezelésekre halauxifen-metil, illetve halauxifen-metil + pikloram a vetést követô 42. napon, szintén

BBCH 39 állapotban került sor. A két kezelési időpont között eltelt 12 nap ellenére az állomány levélszáma csak kismértékben növekedett.

A 2025-ös tenyészidőszakban a preemergens kezelések a vetés napján kerültek kijuttatásra. A kezeléseket követő két hétben 12,6 mm csapadékot mértünk. A posztemergens kezeléseket 36 nappal (BBCH 39) vetést követően juttattuk ki.

4. táblázat. Csillagfürt kísérletekben alkalmazott kezelés kódok, hatóanyagok, a kijuttatás ideje, a hatóanyag mennyisége, a készítmény kijuttatott mennyisége (Nyíregyháza, 2022-2025)

Hatóanyag neve	Kezelés kódok				Hatóanyag mennyisége	Készítmény kijuttatott mennyisége
	2022	2023	2024	2025		
Preemergens kezelések						
Flumioxazin	K1	-	K1	*	30 g ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
Pendimetalin	K2	-	K2	*	2275 g ha ⁻¹	5,0 l ha ⁻¹
Dimetenamid-P	K3	-	K3	*	1008 g ha ⁻¹	1,4 l ha ⁻¹
Petoxamid	K4	-	K4	*	1200 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
Klomazon	K5	-	K5	*	96 g ha ⁻¹	0,2 l ha ⁻¹
Metobromuron	K6	-	K6	*	1500 g ha ⁻¹	3,0 l ha ⁻¹
Metribuzin	K7	-	K7		330 g ha ⁻¹	0,55 l ha ⁻¹
Diflufenikán	-	-	K8	*	125 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
Posztemergens kezelések						
Flumioxazin		K1	K9	*	30 g ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
Diflufenikán	-	-	K21	*	125 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
Imazamox	K8	-	K20		40 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
Klórtoluron	-	K2	K10	*	1400 g ha ⁻¹	2,8 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil	-	K3	K11	*	1,3 g ha ⁻¹	0,4 l ha ⁻¹
	-	K4	K12		1,6 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
	-	K5	K13		1,9 g ha ⁻¹	0,6 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil + Pikloram	-	K6	K14		2,5 + 12 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil + Pikloram	-	K7	K15		5 + 24 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
Proszulfokarb	-	K8	K16		2000 g ha ⁻¹	2,5 l ha ⁻¹
Karfentrazon-etil	-	K9	K17	*	14 g ha ⁻¹	35,0 g ha ⁻¹
Szulfoszulfuron	-	K10	K18	*	9,8 g ha ⁻¹	13,0 g ha ⁻¹
Szulfoszulfuron	-	K11	K19		12,8 g ha ⁻¹	17,0 g ha ⁻¹
Kontroll	K9	K12	K22		–	–

A * jelölés az előzetes teszteléseket követően kiválasztott, fennmaradó hatóanyagokat jelöli.

3.3.2. *A tavaszi bükkönyben alkalmazott gyomirtószeres-kezelések*

A 2022. kísérleti évben a tavaszi bükköny állományában a vetést követő napokban három gyomirtó szeres kezelést preemergens módon juttattunk ki. A posztemergens kezelések elvégzésére a vetést követő 32. napon került sor, amikor a növények a BBCH 30 fenológiai állapotban voltak, a szármegnyúlás kezdeti szakaszában. Ebben az időpontban összesen öt posztemergens kezelést alkalmaztunk, amelyek részletes adatait az 5. táblázat tartalmazza.

A 2023. kísérleti évben a tavaszi bükkönyben kizárólag posztemergens kezelések kijuttatására került sor. Ezeket a vetést követő 38. napon végeztük el, amikor az állomány a BBCH 37 fenológiai stádiumban volt. Ebben a fejlettségi állapotban a növényeken már hét, láthatóan megnyúlt internódium volt megfigyelhető, ami megfelelő fenológiai alapot biztosított a posztemergens hatóanyagok szelektivitásának és kultúrnövényre gyakorolt hatásának értékeléséhez. A vizsgálatok során a flumioxazin és a klórtoluron hatóanyagokat két különböző dózisban teszteltük. Emellett ebben az évben hatóanyag-kombinációk hatását is vizsgáltuk, továbbá kísérleteinkben szerepelt a hatásfokozó adalékanyag alkalmazásának értékelése is.

A 2024-es kísérleti évben a preemergens kezeléseket a vetést követő harmadik napon, március 21-én juttattuk ki a tavaszi bükköny állományában. A posztemergens kezelések elvégzésére április 29-én, a vetést követő 42. napon került sor. Ekkor a növények BBCH 38 fejlettségi állapotban voltak, vagyis nyolc láthatóan megnyúlt internódiumot lehetett megfigyelni rajtuk. A posztemergens kezelések során a flumioxazin és a klórtoluron hatóanyagokat ebben az évben is két dózisban alkalmaztuk. A korábbi évhez hasonlóan folytattuk a különböző hatóanyag-kombinációk vizsgálatát, valamint a hatásfokozó adalékanyagok alkalmazásának tesztelését.

A 2025-ös tenyészidőszakban a preemergens kezeléseket a vetés napján juttattuk ki. A posztemergens kezelések alkalmazására a vetést követő 36. napon került sor, amikor a tavaszi bükköny a BBCH 36 fenológiai állapotban volt. Ebben a fejlettségi szakaszban a növényeken hat láthatóan megnyúlt internódium volt megfigyelhető. A kezelések időzítése ebben az évben is a kultúrnövény aktuális fejlettségi állapotához igazodott, lehetővé téve a vizsgált hatóanyagok és kezelési módok összehasonlítható értékelését.

5. táblázat. Tavaszi bükköny kísérletekben alkalmazott kezelés kódok, hatóanyagok, a kijuttatás ideje, a hatóanyag mennyisége, a készítmény kijuttatott mennyisége (Nyíregyháza, 2022-2025)

Hatóanyag neve	Kezelés kódok				Hatóanyag mennyisége	Készítmény kijuttatott mennyisége
	2022	2023	2024	2025		
Preemergens kezelések						
Pendimetalin	K1	-	K1	*	2275 g ha ⁻¹	5,0 l ha ⁻¹
S-metolaklór	K2	-	K2		1344 g ha ⁻¹	1,4 l ha ⁻¹
Flumioxazin	K3	-	K3	*	30 g ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
Klomazon	-	-	K4	*	96 g ha ⁻¹	0,2 l ha ⁻¹
Metribuzin	-	-	K5	*	330 g ha ⁻¹	0,55 l ha ⁻¹
Posztemergens kezelések						
Flumioxazin	-	K1	K6	*	30 g ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
	-	K2	K7	*	40 g ha ⁻¹	0,08 kg ha ⁻¹
Klörtoluron	-	K3	K8	*	1400 g ha ⁻¹	2,8 l ha ⁻¹
	-	K4	K9	*	1500 g ha ⁻¹	3,0 l ha ⁻¹
Klopiralid + Pikloram	-	K5	K10		80 + 20 g ha ⁻¹	0,3 l ha ⁻¹
Metazaklór + Quinmerak	-	K6	K11	*	666 + 166 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
	-	K7	K12	*	749 + 187 g ha ⁻¹	2,25 l ha ⁻¹
MCPB	-	K8	K13		876 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
	-	K9	K14		1314 g ha ⁻¹	3,0 l ha ⁻¹
Trifluszulfuron-metil	-	K10	-		10 g ha ⁻¹	20,0 g ha ⁻¹
Trifluszulfuron-metil + etoxi-izodecil alkohol	-	K11	-		10 g ha ⁻¹	20,0 g ha ⁻¹
Szulfoszulfuron	-	K12	K15		7,5 g ha ⁻¹	10,0 g ha ⁻¹
Tifenszulfuron-metil	-	K13	K16		7,5 g ha ⁻¹	15,0 g ha ⁻¹
Tifenszulfuron-metil + etoxi-izodecil alkohol	-	K14	K17		7,5 g ha ⁻¹	15,0 g ha ⁻¹
Bentazon	K4	-	-		960 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
	-	K15	K18		720 g ha ⁻¹	1,5 l ha ⁻¹
Imazamox	K5	-	-		24 g ha ⁻¹	0,6 l ha ⁻¹
	K6	-	K19		32 g ha ⁻¹	0,8 l ha ⁻¹
	K7	-	-		40 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
	K8	-	-		48 g ha ⁻¹	1,2 l ha ⁻¹
Kontroll	K9	K16	K20		-	-

A * jelölés az előzetes teszteléseket követően kiválasztott, fennmaradó hatóanyagokat jelöli.

3.3.3. A pohánkában alkalmazott gyomirtószeres-kezelések

A 2023-as kísérleti évben a pohánkában a vetést követően azonnal kijuttattuk a preemergens kezelések hatóanyagait. A preemergens kezeléseket követő két hétben 18 mm csapadék hullott. A posztemergens kezeléseket a vetést követő 21. napon, végeztük

el, a pohánka ekkor a BBCH 14 és BBCH 50 közötti fenológiai szakaszban volt, megközelítőleg öt teljesen kifejtett levéllel (6. táblázat).

A 2024-es évben május 9-én 1 nappal a vetést követően kerültek kijuttatásra a preemergens hatóanyagok. A kezelés utáni két hétben 26,9 mm csapadékot mértünk. Június 3-án, a 25 nappal a vetést követően BBCH 60 fenológiai állapotban juttattuk ki a posztemergens kezeléseket, amikor a pohánka állományában az első virágok már kinyíltak. 2025-ben a posztemergens kezeléseket 37 nappal a vetést követően juttattuk ki virágzás kezdetén (BBCH 62).

6. táblázat. Pohánka kísérletekben alkalmazott kezelés kódok, hatóanyagok, a kijuttatás ideje, a hatóanyag mennyisége, a készítmény kijuttatott mennyisége (Nyíregyháza, 2023-2025)

Hatóanyag neve	Kezelés kódok			Hatóanyag mennyiség	Készítmény kijuttatott mennyisége
	2023	2024	2025		
Preemergens kezelések					
Fluorkloridon	K1	K1		500 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
S-metolaklór	K2	K2		1344 g ha ⁻¹	1,4 l ha ⁻¹
Posztemergens kezelések					
2,4-D	K3	K3		600 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
Klopiralid	K4	K4	*	120 g ha ⁻¹	0,2 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil	K5	K5		2,5 g ha ⁻¹	0,8 l ha ⁻¹
	K6	K6		3,1 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil + Pikloram	K7	K7		2,5 + 12 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
	K8	K8		5 + 24 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil + Klopiralid	K9	K9	*	3,8 + 90 g ha ⁻¹	0,75 l ha ⁻¹
	K10	K10	*	5 + 120 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
Metribuzin	K11	K11	*	180 g ha ⁻¹	0,3 l ha ⁻¹
	K12	K12	*	240 g ha ⁻¹	0,4 l ha ⁻¹
Szulfoszulfuron	K13	K13		6,0 g ha ⁻¹	8,0 g ha ⁻¹
	K14	K14		7,5 g ha ⁻¹	10,0 g ha ⁻¹
Trifluszulfuron-metil	K15	-		12,5 g ha ⁻¹	25,0 g ha ⁻¹
Tifenszulfuron-metil	K16	K15		7,5 g ha ⁻¹	15,0 g ha ⁻¹
Mezotrion	K17	K16	*	120 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
Terbutilazin + Mezotrion + S-metolaklór	K18	K17		500 + 150 + 1500 g ha ⁻¹	4,0 l ha ⁻¹
Kontroll	K19	K18		-	-

A * jelölés az előzetes teszteléseket követően kiválasztott, fennmaradó hatóanyagokat jelöli.

3.3.4. *A szösös bükkönyben alkalmazott gyomirtószeres-kezelések*

A fitotoxicitási vizsgálat során szösös bükköny állományban különböző hatásmechanizmusú gyomirtó hatóanyagokat juttattunk ki annak érdekében, hogy értékelni tudjuk azok kultúrnövényre gyakorolt hatását és szelektivitását. Az első kísérlet vetése eredetileg 2023 novemberében történt, azonban az állomány a kedvezőtlen téli körülmények következtében kifagyott. Emiatt a kísérlet 2024 márciusában újratetésre került. A preemergens kezeléseket a vetést követő 1. napon juttattuk ki. A vetést követő két hét során összesen 12 mm csapadékot mértünk. A posztemergens kezelések kijuttatására a vetést követő 44. napon került sor, amikor a szösös bükköny állomány a BBCH 34 fenológiai állapotban volt. Ebben a fejlettségi szakaszban a növényeken négy láthatóan megnyúlt internódium volt megfigyelhető. A posztemergens kezelések időzítése így a kultúrnövény aktuális fejlettségi állapotához igazodott, lehetővé téve a különböző hatásmechanizmusú hatóanyagok fitotoxikus hatásának összehasonlító értékelését. A kezelések részletes adatait a 7. táblázat tartalmazza.

A második kísérlet vetésére 2024 októberében került sor. A preemergens kezeléseket ebben az esetben is a vetést követő 1. napon juttattuk ki, a kezelések időzítése megegyezett az első kísérleti évben alkalmazott technológiával. A kijuttatást követő két hétben azonban nem hullott csapadék, ami a preemergens hatóanyagok talajban történő aktiválódása és hatáskifejtése szempontjából kedvezőtlen körülménynek tekinthető. Ennek ellenére a kezelések fitotoxikus hatása a második kísérleti évben kifejezettebb volt, mint az első kísérlet során. Ez arra utal, hogy a kultúrnövény érzékenységét és a kezelésekre adott válaszreakcióját nem kizárólag a kijuttatást követő csapadékviszonyok határozták meg, hanem az őszi vetésből, az áttelelésből, valamint az eltérő környezeti és állományfejlődési feltételekből adódó tényezők is befolyásolhatták. A 2025-ös kísérleti évben a posztemergens kezeléseket a vetést követő 155. napon végeztük el. A kijuttatás időpontjában a szösös bükköny állomány BBCH 19 fenológiai állapotban volt, amikor a növényeken kilenc vagy több levél fejlődött ki.

7. táblázat. Szőszös bükköny kísérletekben alkalmazott kezelés kódok, hatóanyagok, a kijuttatás ideje, a hatóanyag mennyisége, a készítmény kijuttatott mennyisége (Nyíregyháza, 2024-2025)

Hatóanyag neve	Kezelés kódok		Hatóanyag mennyisége	Készítmény kijuttatott mennyisége
	2024	2025		
Preemergens kezelések				
Pendimetalin	K1	K1	2275 g ha ⁻¹	5,0 l ha ⁻¹
Flumioxazin	K2	K2	30 g ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
Flumioxazin	K3	K3	40 g ha ⁻¹	0,08 kg ha ⁻¹
Klomazon	K4	K4	96 g ha ⁻¹	0,2 l ha ⁻¹
Metribuzin	K5	K5	180 g ha ⁻¹	0,3 l ha ⁻¹
Metribuzin	K6	K6	240 g ha ⁻¹	0,4 l ha ⁻¹
Diflufenikán	-	K7	125 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
Posztemergens kezelések				
Flumioxazin	K7	K8	30 g ha ⁻¹	0,06 kg ha ⁻¹
Flumioxazin	K8	K9	40 g ha ⁻¹	0,08 kg ha ⁻¹
Klórtoluron	K9	K10	1400 g ha ⁻¹	2,8 l ha ⁻¹
Klopiralid + Pikloram	K10	-	80 + 20 g ha ⁻¹	0,3 l ha ⁻¹
Metazaklór	-	K11	750 g ha ⁻¹	1,5 l ha ⁻¹
Metazaklór + Quinmerak	K11	K12	666 + 166 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
Metazaklór + Quinmerak	K12	K13	749 + 187 g ha ⁻¹	2,25 l ha ⁻¹
Imazamox	K13	K14	80 g ha ⁻¹	2,0 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil	K14	K15	1,6 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil	K15	K16	1,9 g ha ⁻¹	0,6 l ha ⁻¹
Halauxifen-metil + Klopiralid	K16	K17	5 + 120 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
Bentazon	K17	K18	1440 g ha ⁻¹	3,0 l ha ⁻¹
Diflufenikán	-	K19	125 g ha ⁻¹	0,25 l ha ⁻¹
Kontroll	K18	K20	–	–

3.4. A kísérletekben végzett megfigyelések

A tenyészedőszakok során fotódokumentáltuk a növények fejlődését és különböző fejlődési skálák segítségével azonosítottuk az aktuális fejlődési állapotokat (Deutsche Saatveredelung AG, 2022, UPOV, 2012, Arduini et al., 2016). A fitotoxicitási értékek

megállapításához kapcsolódó megfigyeléseket (NDVI, vizuális értékelés) ezekhez a fenológiai stádiumokhoz illesztve végeztük el.

3.4.1. *Normalizált differenciál vegetációs index adatok gyűjtése*

Az NDVI adatok felvételezését minden évben a Trimble GreenSeeker HCS-100 kézi mérőműszerrel végeztük. A kutatásban és a gyakorlati gazdálkodásban egyaránt széles körben alkalmazott normalizált differenciál vegetációs index (NDVI) a növényállomány által visszavert közeli infravörös (NIR) és az elnyelt vörös (RED) sugárzás kapcsolatán alapul. A vegetációs indexek 0 és 1 közötti skálán mozognak, az értékek a növények egészségi állapotát, illetve a bennük található klorofill mennyiségét jelzik (Hatala, 2012). A magasabb NDVI-értékek arra utalnak, hogy az adott növények egészségesebbek, míg az alacsonyabb értékek valamilyen növényi problémát jeleznek (Bolaños et al., 2020). A műszerrel végzett mérések során kapott NDVI értékek nemcsak a növényzet egészségi állapotát, hanem a gyomirtó szerek növényekre gyakorolt fitotoxikus hatásának mértékét is tükrözik. Fontos megjegyezni, hogy a területen lévő gyomnövények befolyásolják az NDVI értékeket, így a vizsgálatokat addig végeztük, amíg azt a gyomborítottság lehetővé tette. Kutatásaink során a parcellák sorainak bal oldalán végig haladva egyszer, majd a jobb oldalán még egyszer dokumentáltuk az adatokat, így egy parcelláról két adat is felvételezésre került, amit átlagoltunk.

A 2022-es évben a kezelésekről nyolc alkalommal gyűjtöttünk adatokat. Az első NDVI-felvételezés BBCH 39 fenológiai állapotban történt, azonban az állomány a poszttemergens kezelés időpontjához képest fejlettebb lombállománnyal rendelkezett. A tavaszi bükköny BBCH 33 állapotot ért el (három, láthatóan meghosszabbodott internódium). Az utolsó adatfelvétel időpontjában a csillagfürt BBCH 85 fejlettségi állapotban volt (a hüvelyek barnává váltak), a tavaszi bükköny pedig BBCH 75 állapotban volt (a hüvelyek hosszúsága elérte a teljesen kifejlett hüvelyek átlagos hosszúságának 60%-át).

A 2023 kísérleti évben egy alkalommal végeztünk NDVI-mérést. A felvételezés időpontjában a csillagfürt BBCH 63 fenológiai stádiumban volt, (a virágok 75%-a kinyílt). Az első NDVI-adatfelvételezéskor a tavaszi bükköny BBCH 39 állapotban volt, 9 vagy több láthatóan megnyúlt internódiummal, az állomány ekkor már a virágzást közvetlenül megelőző, előrehaladott vegetatív fejlettséget mutatott. A pohánka a virágzás kezdetén volt (BBCH 62). A 2022-es aszályos évhez képest 2023-ban a növények

gyorsabb növekedést mutattak, ami a csapadékosabb időjárásnak volt köszönhető. Az esős napok magas száma és a gyorsabb állomány-növekedés azonban jelentősen csökkentette az adatfelvételezési lehetőségeket a tenyészidőszak során.

A 2024-es kísérleti évben hat alkalommal felvételeztünk NDVI-adatokat a csillagfürt és a tavaszi bükköny parcelláiról. Az első felvételezéskor a csillagfürt a használt BBCH-skála szerinti BBCH 39 fenológiai kategóriába tartozott. Ugyanakkor a képi felvételek alapján az állomány a késői posztemergens kezelések időpontjához képest fejlettebb, magasabb és zártabb lombállományt mutatott, több levélemelettel és jelentősen nagyobb levélszámmal, virágzás azonban még nem volt megfigyelhető. A tavaszi bükköny az első felvételezéskor BBCH 39 állapotban volt, 9 vagy több láthatóan meghosszabbodott internódiummal. Az utolsó felvételezéskor a csillagfürt az érés fenológiai stádiumában volt (BBCH 80). Az utolsó felvételezéskor a tavaszi bükköny BBCH 75 állapotban volt a hüvelyek 50%-a elérte a jellemző hosszúságot. A pohánkában 4 alkalommal felvételeztük az NDVI adatokat. Az első felvételezéskor a pohánka BBCH 62 fenológiában a virágzás kezdetén volt. Az utolsó felvételezéskor BBCH 71-ben volt az állomány magok érésének a kezdetén. A szöszös bükköny esetében hat alkalommal végeztünk NDVI-méréseket. Az első felvételezés idején a növények a 37-es BBCH fenológiai stádiumban voltak, hét láthatóan megnyúlt internódiumot fejlesztettek (a tavaszi bükkönyre alkalmazott skála alapján). Az utolsó felvételezéskor az állomány a 62-es BBCH stádiumban volt, ekkor a virágok körülbelül 20%-a már kinyílt.

Az első NDVI-adatfelvételezés idején a csillagfürt a használt BBCH-skála alapján BBCH 39 fenológiai állapotban volt. Az állomány ekkor már sűrű, jelentős levélfelülettel rendelkező, ugyanakkor még viszonylag alacsony vegetatív állományt alkotott. Az első felvételezés idején a tavaszi bükköny BBCH 37 fejlődési állapotban volt, amikor már hét vagy több internódium jól láthatóan megnyúlt. Az utolsó felvételezés idején a csillagfürt BBCH 80 az érés fenológiai stádiumában volt. Az utolsó felvételezés idején a tavaszi bükköny BBCH 74 fejlődési állapotban volt, amikor a hüvelyek 40%-a már elérte a jellemző hosszúságot. A pohánkában három alkalommal gyűjtöttünk NDVI adatokat. Az első felvételezéskor a pohánka teljes virágzásban volt (BBCH 65). Az utolsó felvételezéskor megjelentek az első barna magtermések (BBCH 85). Hat alkalommal végeztünk NDVI méréseket a szöszös bükköny kísérletben. Az első felvételezéskor a növények 33-as BBCH fenológiai stádiumban voltak három láthatóan megnyúlt internódiummal. Az utolsó felvételezéskor a növények 55-ös BBCH stádiumban volt, ekkor az első elkülönült virágbimbók a leveleken kívül láthatóak, de még zárva vannak.

3.4.2. A gyomirtó szerek fitotoxikus hatásának vizsgálata

A tünetek súlyosságának mértékét Dancza (2004) herbicid vizsgálati módszertana alapján határoztuk meg. A %-os értékekhez egyéni skála értékeket rendeltünk a statisztikai értékelhetőség céljából és ezt a skálázási módszert alkalmaztuk a tünetek súlyosságának meghatározásához és a későbbi értékelésekhez (8. táblázat). A gyomirtó szerek által kiváltott elváltozásokat dokumentáltuk, továbbá fotódokumentációt készítettünk a parcellákról a későbbi értékelés megkönnyítése céljából. Egy parcellához egy értéket rendeltünk.

8. táblázat. Fitotoxicitás mértéke %-ban kifejezve Dancza (2004) alapján, egyéni skála érték, károsodás mértéke

Fitotoxicitás %-ban kifejezve Dancza (2004)	Skála értékek	Károsodás mértéke
0	1	Tünetmentes
1	2	Nagyon enyhe tünet
2	3	Enyhe tünet
5	4	Határozott tünet
10	5	Károsodás
25	6	Erős károsodás
50	7	Súlyos károsodás
75	8	Nagyon súlyos károsodás
100	9	Teljes növénypusztulás

A 2022. kísérleti évben a posztemergens hatóanyagok kijuttatását követően hét alkalommal értékeltük a fitotoxicitást az első és utolsó felvételezési időpont megegyezett az NDVI adatfelvételezési időpontokkal.

2023. évben a csillagfűrt és tavaszi bükköny növényekbe kijuttatott hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitást két alkalommal értékeltük, az első felvételezés időpontja közel megegyezett az NDVI felvételezés időpontjával. A második felvételezéskor a csillagfűrt az érés fenológiai állapotában volt (BBCH 80), míg a tavaszi bükköny BBCH 87

állapotban volt, a hüvelyek 70%-a érett, a magok végső színüket elérték, szárazok és kemények. A pohánka első fitotoxicitási vizsgálatának időpontja megegyezett az első NDVI felvételezési időponttal. A második fitotoxicitási vizsgálatot a pohánkában teljes virágzásban BBCH 65-ben végeztük.

A 2024-es évben a csillagfürt esetében háromszor, míg a tavaszi bükköny esetében négyszer vizsgáltuk a fitotoxicitást. Az első felvételezési időpont a csillagfürt és tavaszi bükköny kísérletben megegyezett az első NDVI felvételezési időponttal. A csillagfürt utolsó fitotoxicitási vizsgálatát BBCH 62-ben végeztük a virágzás kezdetén. Az utolsó felvételezésikor tavaszi bükkönyben (64 BBCH) a virágok 40%-a kinyílt. A pohánkában három alkalommal vizsgáltuk a fitotoxicitást. Az első felvételezési időpont megegyezett az első NDVI felvételezési időponttal. Az utolsó felvételezésikor a pohánka teljes virágzásban volt (BBCH 65). A szöszös bükkönyben öt alkalommal vizsgáltuk a fitotoxicitás mértékét. Az első felvételezési időpont megegyezett az első NDVI felvételezési időponttal. Az utolsó felvételezésikor az első szirmok már láthatóak, azonban a virágok még zárva voltak (BBCH 59).

2025-ben a csillagfürt esetében öt, a tavaszi bükköny esetében pedig négy alkalommal végeztünk fitotoxicitási vizsgálatot. Az első fitotoxicitási vizsgálat az első NDVI-adatfelvételezést követő 6. napon történt. A két értékelési időpont között az állomány fejlődése csak kismértékű volt, így a csillagfürt fenológiai állapota mindkét esetben BBCH 39-ként került rögzítésre. Az első felvételezésikor a tavaszi bükköny BBCH 39 fejlődési állapotban volt, kilenc vagy több jól láthatóan megnyúlt internódiummal. Az utolsó felvételezési időpont a csillagfürt kísérletben megegyezett az utolsó NDVI felvételezési időponttal. Az utolsó felvételezésikor tavaszi bükköny a virágzás végén volt (69 BBCH). A pohánkában négy alkalommal végeztünk fitotoxicitási vizsgálatot. Az első felvételezésikor teljes virágzásban volt az állomány (BBCH 65). Az utolsó felvételezési időpont a pohánka kísérletben megegyezett az utolsó NDVI felvételezési időponttal. 2025-ben három alkalommal felvételeztünk fitotoxicitási adatokat a szöszös bükkönyben. Az első felvételezésikor a növények 39-es BBCH fenológiai stádiumban voltak 9 vagy több láthatóan megnyúlt internódiummal. Az utolsó fitotoxicitási felvételezési időpont megegyezett az utolsó NDVI felvételezési időponttal.

3.4.3. Gyomnövények számának meghatározása, gyomfajok azonosítása

A 2022. évben posztemergens hatóanyagok kijuttatását követően az első gyomfelvételezéskor a csillagfűrt a virágzást megelőző BBCH 60 fenológiai állapotban virágzás kezdetén végeztük, míg a tavaszi bükköny BBCH 39 állapotban volt, ekkor már kilenc vagy több internódium meghosszabbodott. Az utolsó gyomfelvételezés idején a csillagfűrt a virágzás végén volt (BBCH 69), a tavaszi bükköny pedig BBCH 59 állapotban, ekkor az első szirmok már láthatóak voltak, de a virágok még zárva maradtak. A felvételezés során azonosítottuk a gyomnövényfajokat. A gyomnövények egyedszámának felvételét addig folytattuk, amíg a levéltakaró be nem borította a talajt. A gyomfelvételezést parcellánként, egy ismétlésben, egy 50×50 cm-es mintavételi keret alkalmazásával végeztük. A vizsgálatban alkalmazott 0,25 m²-es mintakeret illeszkedik az egzakt, kvadrátos gyomfelvételezési módszerek gyakorlatához, amelyet hazai és nemzetközi vizsgálatokban is alkalmaznak (Reisinger és Borsiczky 2018; Parasca et al., 2024). A területen legnagyobb számban az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.), baracklevelű keserűfű (*Persicaria maculosa* GRAY.), sziki káka (*Bolboschoenus maritimus* L.) és a fehér libatop (*Chenopodium album* L.) volt elterjedve. Az ürömlevelű parlagfű azon gyomnövények közé tartozik, amely kevésbé igényes a talaj tápanyagellátottsági szintjére (Lehoczky, 2004; Novák et al., 2011).

A 2023. évi kísérletek során a csillagfűrt (BBCH 63) és tavaszi bükköny (BBCH 39) parcellák gyomfelvételezésének időpontja közel megegyezett az első NDVI és fitotoxicitási felvételezési időponttal. A pohánka esetében is a gyomfelvételezés időpontja egybeesett az NDVI adatgyűjtéssel és a fitotoxicitási vizsgálattal, ekkor a növények a virágzás kezdeti szakaszában, BBCH 62 fenológiai állapotban voltak. A csapadékosabb évjárat következtében a kultúrnövények intenzívebben fejlődtek, így összességében kevesebb gyomnövényt dokumentáltunk a 2022-es tenyészidőszakhoz képest. A csillagfűrt és a tavaszi bükköny parcelláin a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.) és a zöld muhar (*Setaria viridis* L.) gyomnövények domináltak. A csillagfűrt bizonyos parcelláin még előfordult a kövér porcsin (*Portulaca oleracea* L.), ami a pohánka parcelláin a legjellemzőbb gyomnövény-faj volt. Számszerűen a legkevesebb gyomnövény a pohánka parcelláin fordult elő. A vizsgált kultúrák közül a pohánka képes legjobban elnyomni a gyomnövényeket, ez korai intenzív fejlődésének és allelopatikus hatásának köszönhető (Juhász et al., 2023a).

A 2024-es évben a csillagfűrtben az első gyomfelvételezés időpontja közel megegyezett az első NDVI és fitotoxicitási felvételezési időponttal. A tavaszi bükkönyben (BBCH 39) egy gyomfelvételezést végeztünk, ami közel azonos időben történt az első NDVI és fitotoxicitási vizsgálattal. Csillagfűrtben a második felvételezés a virágzás kezdeti stádiumában történt (BBCH 62). Pohánkában a gyomfelvételezés időpontja (BBCH 62) közel megegyezett az első NDVI és fitotoxicitási felvételezési időponttal. A gyomnövény fajok változatosak voltak a kísérleti területen. A csillagfűrt parcelláin az ürömlevelű parlagfű és a fehér libatop voltak a leggyakoribb gyomnövények. A tavaszi bükköny parcelláin a repcsényretek (*Raphanus raphanistrum* L.), parlagfű és a baracklevelű keserűfű fordultak elő legnagyobb számban. A pohánka parcelláin a szőrös disznóparéj és a kövér porcsin domináltak. A szöszös bükköny növények parcelláin a levéltakaró záródásáig egyáltalán nem volt jellemző a gyomosodás, így területi szemlét követően itt nem dokumentáltuk gyomnövény darabszámot.

3.4.4. Növények magasságának mérése

A 2024-es tenyészidőszakban a növények magasságának mérésével egészítettük ki a kutatást. Parcellánként három adatot gyűjtöttünk. A csillagfűrt a felvételezéskor a színes virágszirom stádiumában volt (BBCH 67). A tavaszi bükköny BBCH 39 fenológiai állapotban volt, 9 vagy több láthatóan megnyúlt internódiummal. Ez az állapot az előrehaladott szármegnyúlási szakaszt jelezte, amelyet rövid időn belül a virágzás kezdete követett. A pohánkában a felvételezést a virágzás elején végeztük (BBCH 62).

3.5. Betakarítás és magtisztítás folyamata

A kísérleti parcellák növényállományait a betakarítást megelőzően diquat-dibromid ($1,5 \text{ l ha}^{-1}$) hatóanyaggal desszikkáltuk (9. táblázat). Ezt követően betakarítottuk a Zürn 130 SE parcella kombájn használatával (3. kép). A betakarítást követően a kutatóintézet üvegházába szállítottuk a magmintákat szárítási céllal, ezzel elkerülve a gombás megbetegedéseket.

9. táblázat. A kísérleti parcellák deszikkálási és betakarításra vonatkozó adatai

Növényfaj	Deszikkálás ideje	Betakarítás ideje	
		Dátum	Vetés után eltelt napok száma
2022			
Csillagfürt	Július 20.	Augusztus 4.	120
Tavaszi bükköny	Július 20.	Augusztus 4.	120
	2023		
Csillagfürt	Augusztus 10.	Augusztus 22.	121
Tavaszi bükköny	Augusztus 10.	Augusztus 21.	119
Pohánka	Szeptember 5.	Szeptember 18.	117
2024			
Csillagfürt	Július 16.	Július 22.	126
Tavaszi bükköny	Július 16.	-	126
Pohánka	Augusztus 01.	Augusztus 12.	96
Szöszös bükköny	-	-	-
2025			
Csillagfürt	Július 24.	Július 31.	114
Tavaszi bükköny	Július 24.	-	-
Pohánka	Szeptember 15.	Szeptember 23.	119
Szöszös bükköny	Július 2.	-	-



3. kép. Pohánka betakarítás

(Nyíregyháza, 2023)

A magmintákat a Westrup Kamas laboratóriumi magtisztító gépen tisztítottuk. A magtisztító berendezés a különböző méretű rosták, a mechanikai rázás és az irányított levegőáramlás kombinációjával választja szét és távolítja el a nem kívánatos anyagokat (10. táblázat). A gép használatával eltávolítottuk a különböző nem kívánatos növényi részeket (törött szemek, lapos magvak, száraz növényi részek, gyommagvak). A magminták betakarításkori súlyát rögzítettük, majd dokumentálásra került a tisztítást utáni súly, ezekből az adatokból arányosítást készítettünk. Ezt a folyamatot minden tenyészidőszak során elvégeztük. A 2024. kísérleti évben a tavaszi bükköny a tenyészidőszak során egyenletesen fejlődött, azonban valószínűsíthetően a hőstressznek kitéve nem hozott magtermést, így tisztításra sem került sor. 2025-ben a hüvelyek kifejlődését követően magok nem képződtek. Mivel a pohánka csak minimális magtermést hozott, a gépi tisztítás nem volt megvalósítható, ezért a magokat kézi rostával tisztítottuk 2024-ben. A szöszös bükkönyt tavasszal (2024) újratettük, azonban mivel alapvetően őszi vetésű növény, a tavaszi vetés nem kedvezett a magtermésnek, így a parcellákon nem képződött maghozam. Az állomány ugyanakkor alkalmas volt a fitotoxikus hatás megítélésére. 2025-ben a tavaszi bükkönyhöz hasonlóan a szöszös

bükköny hüvelyeiben sem képződtek magok. A csillagfürt és a pohánka esetében a termés minőségének és a magok méretbeli jellemzőinek pontosabb meghatározása érdekében meghatároztuk az ezermagtömeget.

10. táblázat. Magtisztítás során használt rosták

Növényfaj	Felső rosta	Alsó rosta
	2022	
Csillagfürt	12,0 mm kerek	4,25 mm hasított
Tavaszi bükköny	6,0 mm kerek	3,5 mm kerek
	2023	
Csillagfürt	12 mm kerek	4,25 mm hasíték
Tavaszi bükköny	3,75 mm kerek	3,5 mm kerek
Pohánka	6,25 mm kerek	2,7 mm hasíték
	2024	
Csillagfürt	12,0 mm kerek	3,75 mm hasíték
Tavaszi bükköny	-	-
Pohánka	kézi rosta	-
Szöszös bükköny	-	-
	2025	
Csillagfürt	12,0 mm kerek	3,75 mm hasíték
Tavaszi bükköny	-	-
Pohánka	6,0 mm kerek	3,0 mm hasíték
Szöszös bükköny	-	-

3.6. Statisztikai analízis

Az évenkénti adatok statisztikai elemzését és értékelését azonos módszertannal végeztük. A gyomirtószer-kezelések hatásainak kimutatására a különböző kezelésekből származó adatok (NDVI értékek, fitotoxicitási pontok, gyomnövények száma, tisztított termés hozam, 2024. évben magasság és ezermagtömeg) egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) történő értékelést használtuk. A Post-hoc vizsgálatokat Duncan teszt ($p < 0,05$) alapján végeztük el. A mérési módszerek validálásának érdekében Spearman's rho korrelációs vizsgálatot végeztünk az adatokkal 2 szinten ($p < 0,05$; $p < 0,01$). A Spearman-féle rangkorrelációs együtthatók értékelését Schober et al. (2018) ajánlása alapján végeztük. A statisztikai vizsgálatokat az IBM SPSS 22,0-ás verziójában végeztük el, majd a kész elemzések számadatait a Microsoft Office Excel 2016 táblázatkezelő szoftverbe importáltuk.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A fehérvirágú csillagfűrtben (*Lupinus albus* L.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása

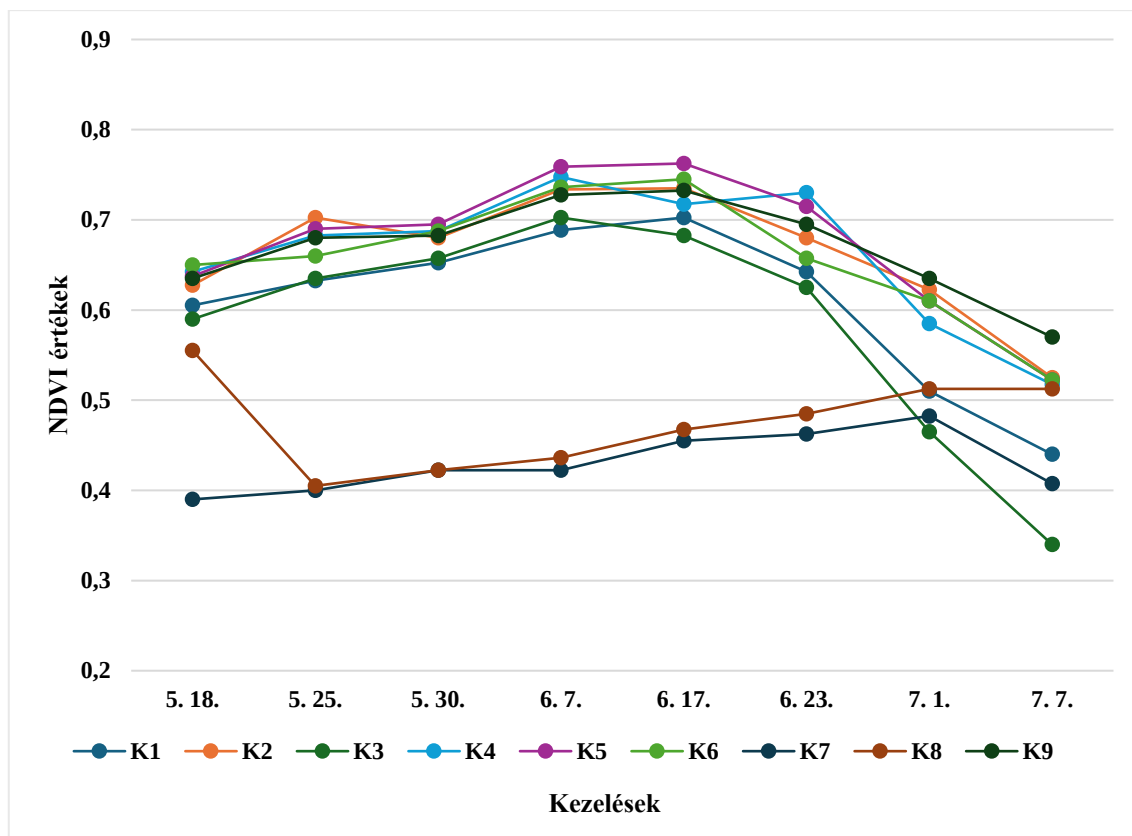
4.1.1. *Különböző gyomirtó szerek hatása a fehérvirágú csillagfűrt (*Lupinus albus* L.) fejlődésére és termésére a 2022-es évben*

4.1.1.1 *A gyomirtó szerek hatása a normalizált differenciál vegetációs indexre (NDVI) a fehérvirágú csillagfűrt esetén a 2022-es tenyészidőszakban*

A tenyészidőszak során végzett NDVI-mérések alapján megállapítható, hogy a metribuzinnal kezelt parcellák (K7), valamint az imazamox-szal kezelt állományok (K8) NDVI-értékei tartósan alacsonyabbak voltak, mint a többi kezelésben részesült parcelláké (K1–K6), illetve a kontrollállományé (K9). Ez arra utal, hogy e két kezelés esetében a növényállomány vegetációs aktivitása, illetve zöldtömeg-fejlődése a vizsgált időszakban kedvezőtlenebbül alakult.

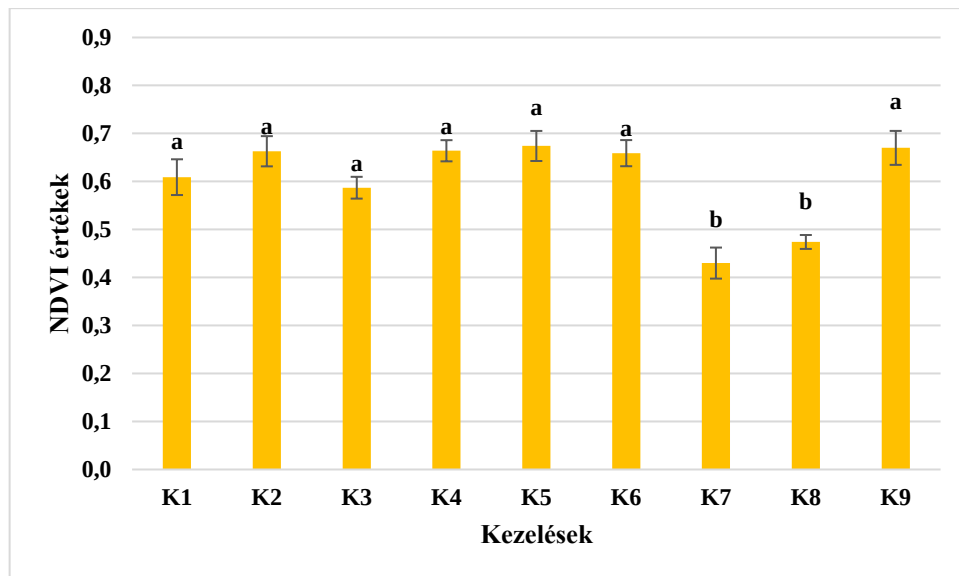
A preemergens kezelések közül a metribuzin kivételével a többi hatóanyaggal kezelt növényállomány NDVI-értékei alapvetően a kontroll parcellákhoz hasonló tendenciát követtek a tenyészidőszak során. Az imazamox-szal kezelt parcellák esetében azonban az NDVI-értékek szintje tartósan alacsonyabb volt a kontrollhoz képest, annak ellenére, hogy azok lefutása hasonló mintázatot mutatott.

Fontos megemlíteni, hogy még a vegetációs csúcsideőszakban sem haladta meg a parcellák NDVI-mérési eredménye a 0,8-as értéket. Ez az érték a vizsgált állomány mérsékelt vegetációs aktivitására utalhat, amely nagy valószínűséggel az adott tenyészidőszakban tapasztalt aszályos időjárási körülményekkel magyarázható. A csapadékhiány és az ebből eredő vízhiány kedvezőtlenül befolyásolhatta a növények fejlődését, ezáltal mérsékelve az NDVI-értékek maximális szintjét is (2. ábra).



2. ábra. A különböző hatóanyagokkal kezelt csillagfürt növények NDVI átlagértékeinek változása a tenyésztőidőszak során (Nyíregyháza, 2022)

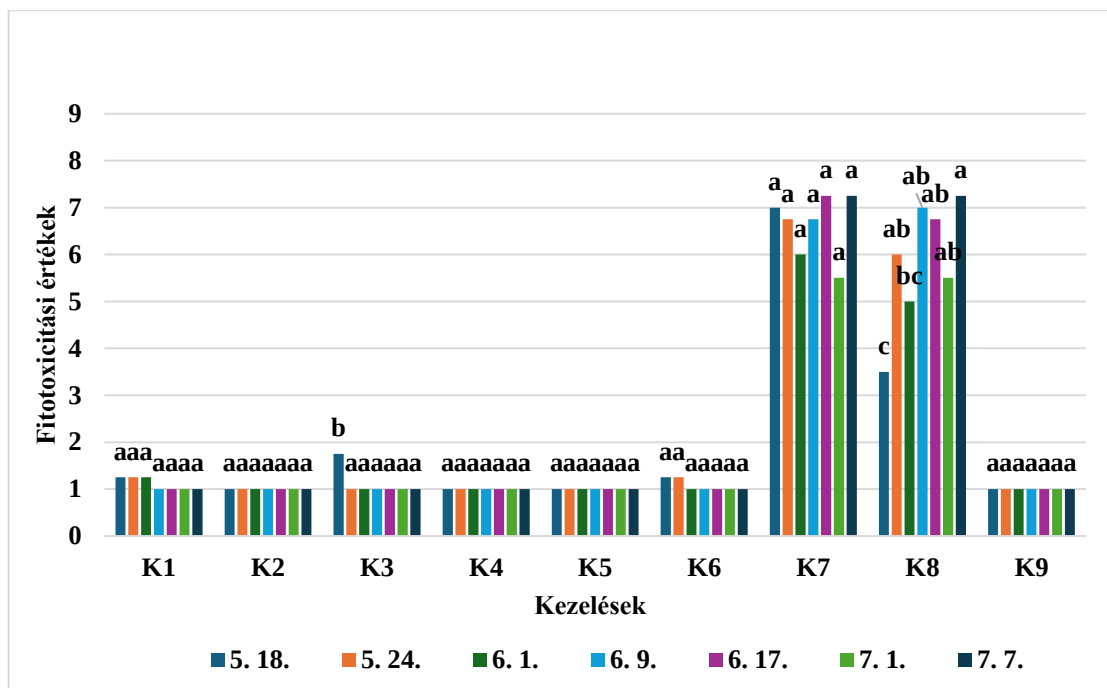
A legalacsonyabb NDVI értéket a metribuzinnal (K7) kezelt parcellákon mértük ezt az imazamox (K8) hatóanyaggal kezelt parcellák követték, ezen hatóanyagokkal kezelt parcellák NDVI értéke szignifikánsan alacsonyabb volt a kontroll parcellán (K9) és a többi kezelésben kapott értékeknél. Az összes NDVI mérés átlagában többi kezelésben (flumiozaxin (K1), pendimetalin (K2), dimetenamid-P (K3), petoxamid (K4), klorazon (K5), metobromuron (K6)) mért NDVI értékek nem különböztek jelentősen a kontroll eredménytől (3. ábra).



3. ábra. A csillagfűrt NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2022)

4.1.1.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a fehérvirágú csillagfűrt esetén 2022-ben

A metribuzin (K7) kezelés erős-súlyos károsodást okozott, amelyből a növények nem voltak képesek regenerálódni. A posztemergensen kijuttatott imazamox (K8) hatóanyaggal kezelt parcellákon az első felvételezéskor határozott tüneteket dokumentáltunk, amelyek a tenyészidő előrehaladtával súlyosbodtak, és jelentős károsodássá alakultak, amelyből a növények nem voltak képesek regenerálódni. A flumioxazin, pendimetalin, dimetenamid-P, petoxamid, klorazon és metobromuron (K1, K2, K3, K4, K5, K6 hatóanyagok preemergens alkalmazása után a növények nem, vagy csak nagyon enyhe elváltozásokat mutattak, amelyekből regenerálódtak (4. ábra).



4. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása csillagfűrtben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik a Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2022)

A 4. (A) képen egy pendimetalin hatóanyaggal kezelt parcella látható. A virágzás végén hüvelyképződés elején járó (BBCH 69-70) csillagfűrt állomány egészséges, megfelelő tömegű levélzetet fejlesztett. A 4. (C) képen egy kontroll parcella látható, amely az adott időpontban kevesebb zöldtömeget mutat, mint a 4. (A) képen pendimetalin hatóanyaggal kezelt növényállomány, azonban ez egy természetes és előrehaladottabb fejlődési folyamat a fehérvirágú csillagfűrt esetében (idővel a levél tömeg ritkulásnak indul). A 4. (B) képen látható az imazamox kezelés fitotoxikus hatása. A növényállomány ritkább, kisebb méretű volt és a lombzat sárgás elszíneződést mutatott. A tünetek a kijuttatást követően rövid időn belül jelentkeztek és a növények nem regenerálódtak belőle.



(A)

(B)

(C)

4. kép. (A): pendimetalin hatóanyaggal kezelt parcella, (B): imazamox hatóanyaggal kezelt parcella, (C): kontroll parcella. A fotódokumentáció 62 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2022)

4.1.1.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére a fehérvirágú csillagfűrt esetén a 2022-es tenyészidőszakban

A csillagfűrtben a legsúlyosabb fitotoxikus hatást a metribuzin (K7) okozta, amelyet az imazamox (K8) követett. E két kezelés értékei jelentősen meghaladták a többi kezelés értékét, míg a többi preemergens hatóanyag (K1–K6) nem okozott növénykárosodást (11. táblázat).

A legtöbb gyomnövény a metobromuron hatóanyaggal (K6) kezelt parcellákon fordult elő. A pendimetalin (K2), petoxamid (K4), klomazon (K5) és az imazamox (K8) kezelés parcelláin előforduló gyomnövények száma nem különbözött szignifikánsan a kontrollnál (K9) felvételezett eredményektől. A leghatékonyabbnak a dimetenamid-P (K3) kezelés bizonyult, ezen kezelés parcelláin szignifikánsan kevesebb gyomnövényt felvételeztünk, mint a kontroll parcellákon. Szignifikánsan kevesebb gyomnövényt dokumentáltunk a metribuzin (K7) és a flumioxazin hatóanyaggal (K1) kezelt parcellákon, a kontrollhoz viszonyítva (11. táblázat).

A metribuzin (K7) és az imazamox (K8) szignifikánsan csökkentette a tisztított maghozamot a kontrollhoz (K9) és a többi kezeléshez képest. A többi kezelés (K1–K6) termése nem szignifikánsan, de meghaladta a kontrollét. A legnagyobb tisztított maghozamot a pendimetalin (K2) eredményezte, 104 kg ha⁻¹-ral felülmúlva a kontrollt.

A termésszennyezettség minden kezelésben 10% alatt maradt; a legmagasabb értéket az imazamox (K8; 8,4%), a legalacsonyabbat a dimetenamid-P (K3; 1,5%) adta, míg a kontroll értéke 2,2% volt.

11. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettségére (Nyíregyháza, 2022)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termés szennyezettség (%)
Preemergens kezelések					
Flumioxazin (K1)	0,06 kg ha ⁻¹	1,1 ^c	7,2 ^{bc}	745 ^a	2,1
Pendimetalin (K2)	5,0 l ha ⁻¹	1,0 ^c	17,2 ^{abc}	822 ^a	2,6
Dimetenamid-P (K3)	1,4 l ha ⁻¹	1,1 ^c	1,6 ^c	767 ^a	1,5
Petoxamid (K4)	2,0 l ha ⁻¹	1,0 ^c	22,0 ^{ab}	770 ^a	2,0
Klomazon (K5)	0,2 l ha ⁻¹	1,0 ^c	24,8 ^a	812 ^a	2,7
Metobromuron (K6)	3,0 l ha ⁻¹	1,1 ^c	33,6 ^a	732 ^a	2,6
Metribuzin (K7)	0,55 l ha ⁻¹	6,6 ^a	7,2 ^{bc}	314 ^b	3,1
Posztemergens kezelés					
Imazamox (K8)	1,0 l ha ⁻¹	5,9 ^b	28,8 ^a	92 ^b	8,4
Kontroll (K9)	-	1,0 ^c	27,2 ^a	718 ^a	2,2

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

4.1.1.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a fehérvirágú csillagfűt gyomirtási kísérletek 2022. évi eredményei alapján

A vizsgált változók közül a legerősebb negatív irányú kapcsolat az NDVI-értékek és a fitotoxicitási skálaértékek között jelentkezett, amely közepes erősségű korrelációnak minősült ($r = -0,636$; $p < 0,01$). A vizsgált változók közül a legerősebb pozitív irányú kapcsolat az NDVI-értékek és a tisztított maghozam között jelentkezett, amely közepes erősségű korrelációnak minősült ($r = 0,679$; $p < 0,01$). A fitotoxicitás $p < 0,01$ -es szinten

szintén közepes erősségű negatív korrelációt mutatott a tisztított maghozammal. (12. táblázat).

12. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei
(Nyíregyháza, 2022 – fehérvirágú csillagfűrt)

	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam
NDVI értékek	1,000	-0,636**	0,265	0,679**
Fitotoxicitási értékek	-0,636**	1,000	-0,319	-0,498**
Gyomnövény (db m ⁻²)	0,265	-0,319	1,000	-0,075
Tisztított maghozam	0,679**	-0,498**	-0,075	1,000

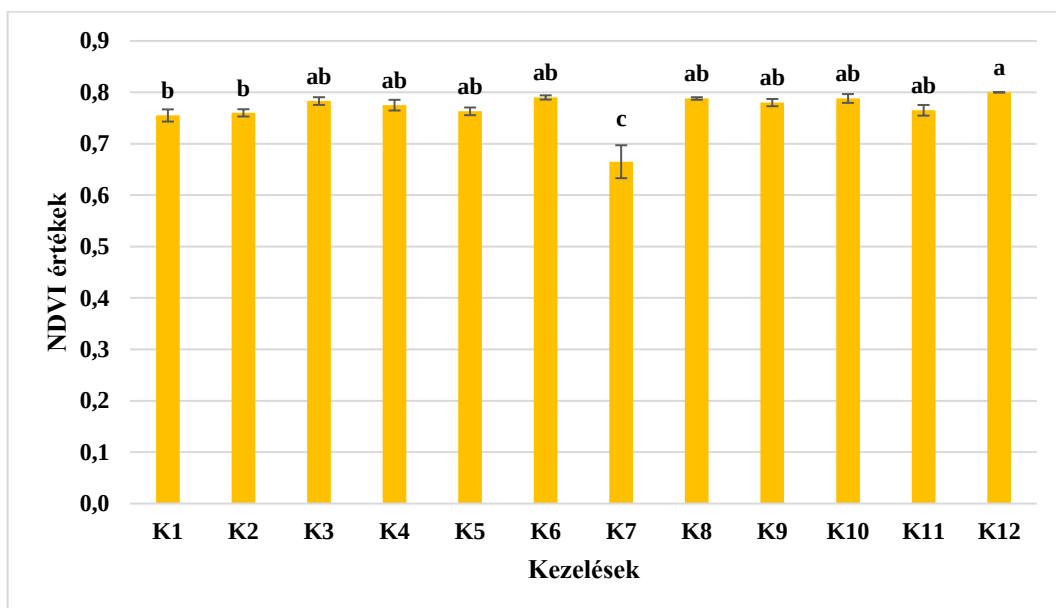
** A korreláció p<0,01 szinten szignifikáns; * A korreláció p<0,05 szinten szignifikáns. A cellák színe jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A zöld szín jelzi a pozitív korrelációt, míg a piros mutatja a negatív a korrelációt, a sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.1.2. Különböző gyomirtó szerek hatása a fehérvirágú csillagfűrt (*Lupinus albus* L.) fejlődésére és termésére a 2023-as évben

4.1.2.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a fehérvirágú csillagfűrt esetén a 2023-as tenyészidőszakban

A halauxifen-metil + pikloram hatóanyagú, emelt dózissal kezelt parcellákban (K7) szignifikánsan kisebb NDVI-értéket mértünk, mint a kontroll (K12), valamint a többi kezelés esetében. Az NDVI értékek alapján a flumioxazin (K1) és klórtoluron (K2) hatóanyagokkal kezelt parcellák növényállománya jelentősen egészségesebb állapotban volt, mint a magasabb dózisú halauxifen-metil + pikloram (K7) hatóanyagokkal kezelt növények. Ugyanakkor ezek az értékek a kontrollhoz képest szignifikánsan

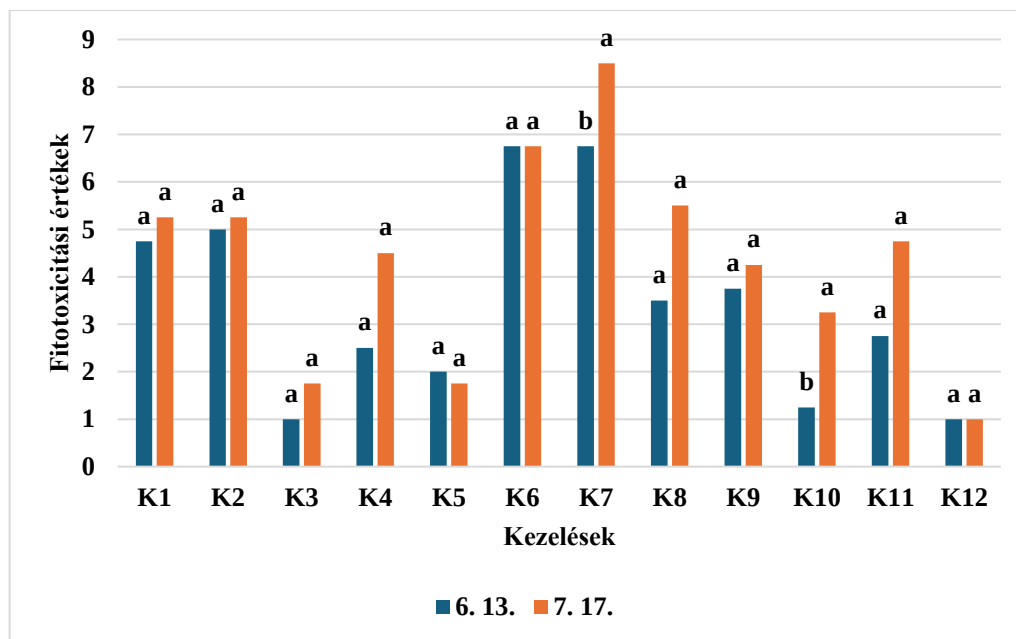
alacsonyabbnak bizonyultak. A legmagasabb NDVI értékeket a kezeletlen kontroll (T12) parcellák mutatták (5. ábra).



5. ábra. A csillagfűt NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2023)

4.1.2.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a fehérvirágú csillagfűt esetén 2023-ban

A halauxifen-metil + pikloram magasabb dózisa (K7), valamint a szulfoszulfuron alacsonyabb dózisa (K10) esetében a második felvételezési időpontban mért fitotoxicitási érték szignifikánsan magasabb volt az első felvételezéshez képest. A szulfoszulfuron alacsonyabb dózisánál azonban a második felvételezéskor is csupán enyhe tüneteket jelző fitotoxicitási értékeket dokumentáltuk. A többi kezelésnél (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K8, K9, K11) szignifikáns eltérés nem volt a két időpontban mért fitotoxicitási érték között (6. ábra).



6. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása csillagfürtben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2023)

A kezelésekről fotódokumentációt készítettünk a vetést követő 57. napon. Az 5. (A) képen a halauxifen-metil legkisebb dóziséval kezelt parcellán (K3) a virágzás vége felé járó, egészséges növényállomány látható (BBCH 68). A növények fejlettsége egyenletes volt, és a kezelés nem okozott szembetűnő állományritkulást vagy fejlődésbeli visszamaradást. Ezzel szemben az 5. (B) képen a halauxifen-metil + piklorammal kezelt parcellán a virágzás késett, illetve több növény esetében teljesen elmaradt. A kezelt növények alacsonyabbak voltak, az állomány fejletlenebb képet mutatott, emellett a parcella töhiányos volt, ami a kezelés kedvezőtlen hatását szemlélteti.



(A)



(B)

5. kép. (A): halauxifen-metil 0,4 l ha⁻¹ dózisával kezelt parcella (B): halauxifen metil + pikloram 0,25 l ha⁻¹ dózisával kezelt parcella. A fotódokumentáció 57 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2023)

4.1.2.3 A gyomirtószerek-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényesszámszámra, a maghozamra és a betakarított termés szennyezettség mértékére a fehérvirágú csillagfű esetén a 2023-as tenyésztési időszakban

A két mérés átlagában a halauxifen-metil + pikloram kezelések (K6, K7) eredményezték a legnagyobb fitotoxicitást, amivel szignifikánsan különböztek a többi kezeléstől és a kontrolltól. A legkisebb fitotoxicitást a halauxifen-metil legkisebb (K3) és legnagyobb (K5) dózisával kezelt parcellákon mértük, ezek az értékek szignifikánsan nem különböztek a kontrolltól (13. táblázat).

A gyomnövények mennyiségében nem voltak szignifikáns eltérések, a legtöbb gyomnövény a halauxifen-metil + pikloram alacsonyabb dózisával (K6) kezelt parcelláin fordult elő. A legjobb gyomirtó hatást a karfentrazon-etillel (K9) kezelt parcellákon tapasztaltuk (13. táblázat).

A halauxifen-metil + pikloram különböző dózisaival kezelt (K6, K7) növények maghozama szignifikánsan elmaradt a kontroll (K12) és a többi kezelés eredményétől (13. táblázat). A halauxifen-metil legnagyobb dózisával (K5) kezelt parcellákról származott a legmagasabb maghozam. A kezelés 467 kg ha⁻¹-ral haladta meg a kontrollnál mért mennyiséget. A többi kezelés nem eredményezett jelentős eltérést a kontroll parcellákhoz képest.

A halauxifen-metil + pikloram kezelések (K6, K7) alkalmazása a legnagyobb termésszennyezettséget eredményezte (46,1% és 38,5%). A legkisebb termés szennyezettség 3,5%-kal a halauxifen-metil közepes dózisával kezelt (K4) parcellákról származott. Az átlagos termésszennyezettség 13,6% volt (13. táblázat)

13. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettségére (Nyíregyháza, 2023)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termés szennyezettség g (%)
Posztemergens kezelések					
Flumioxazin (K1)	0,06 kg ha ⁻¹	5,0 ^{bc}	17,3 ^a	1113 ^a	5,9
Klórtoluron (K2)	2,8 l ha ⁻¹	5,1 ^b	22,0 ^a	842 ^{ab}	12,6
Halauxifen-metil (K3)	0,4 l ha ⁻¹	1,4 ^{ef}	25,2 ^a	1430 ^a	6,1
Halauxifen-metil (K4)	0,5 l ha ⁻¹	3,5 ^d	30,0 ^a	1467 ^a	3,5
Halauxifen-metil (K5)	0,6 l ha ⁻¹	1,9 ^{ef}	24 ^a	1552 ^a	4,6
Halauxifen-metil + Pikloram (K6)	0,25 l ha ⁻¹	6,8 ^a	38 ^a	117 ^b	46,1
Halauxifen-metil + Pikloram (K7)	0,5 l ha ⁻¹	7,6 ^a	31,2 ^a	80 ^b	38,5
Proszulfokarb (K8)	2,5 l ha ⁻¹	4,5 ^{bcd}	27,2 ^a	943 ^{ab}	10,2
Karfentrazon-etil (K9)	35,0 g ha ⁻¹	4,0 ^{cd}	16 ^a	1323 ^a	4,3
Szulfoszulfuron (K10)	13,0 g ha ⁻¹	2,3 ^e	25,2 ^a	1453 ^a	6,2
Szulfoszulfuron (K11)	17,0 g ha ⁻¹	3,8 ^d	25,2 ^a	827 ^{ab}	15,1
Kontroll (K12)	-	1,0 ^f	33,2 ^a	1085 ^a	10,3

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján (p<0,05).

4.1.2.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a fehérvirágú csillagfürt gyomirtási kísérletek 2023. évi eredményei alapján

Az NDVI értékek $p < 0,01$ -es szinten gyenge erősségű negatív korrelációt mutattak a fitotoxicitási értékekkel. Ezzel szemben a tisztított maghozammal gyenge erősségű pozitív irányú korrelációt mutattak ($r = 0,326$; $p < 0,05$). A vizsgált változópárok közül a fitotoxicitási értékek és a tisztított maghozam között jelentkezett a legerősebb negatív irányú kapcsolat, amely közepes erősségű korrelációnak minősült ($r = -0,644$; $p < 0,01$). A gyomnövények száma közepes erősségű negatív irányú korrelációt mutatott a tisztított maghozam eredményekkel $p < 0,01$ -es szinten (14. táblázat).

14. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei (Nyíregyháza, 2023 – fehérvirágú csillagfürt)

	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam
NDVI értékek	1,000	-0,391**	-0,055	0,326*
Fitotoxicitási értékek	-0,391**	1,000	0,105	-0,644**
Gyomnövény (db m ⁻²)	-0,055	0,105	1,000	-0,501**
Tisztított maghozam	0,326*	-0,644**	-0,501**	1,000

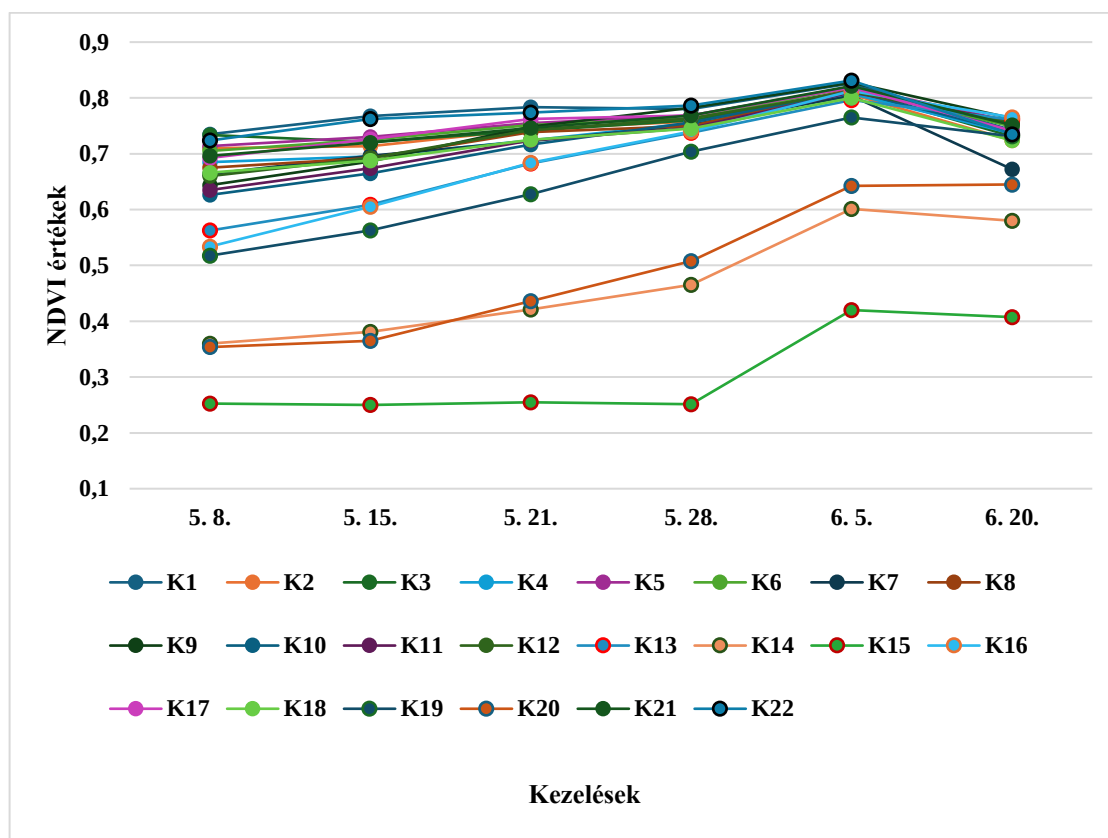
** A korreláció $p < 0,01$ szinten szignifikáns; * A korreláció $p < 0,05$ szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.1.3. Különböző gyomirtó szergyomirtó szerek hatása a fehérvirágú csillagfürt (*Lupinus albus* L.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben

4.1.3.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a fehérvirágú csillagfürt esetén a 2024-es tenyészidőszakban

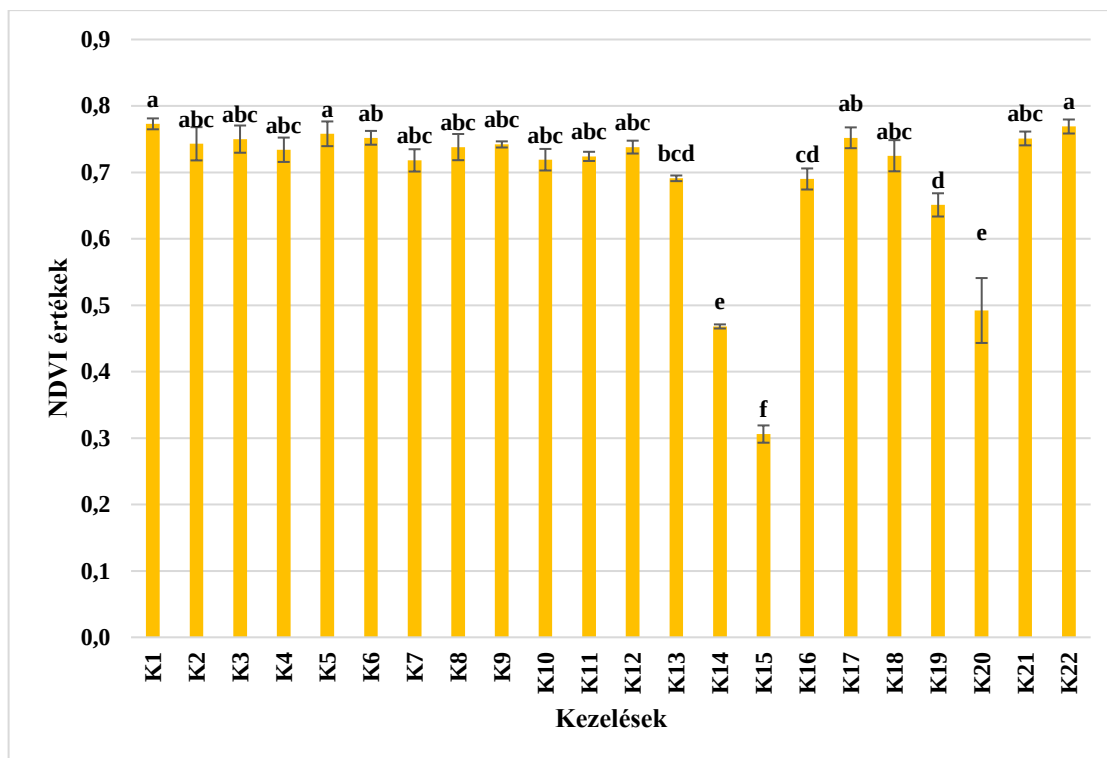
A halauxifen-metil + pikloram (K14, K15) és az imazamox (K20) hatóanyagokkal kezelt növények NDVI értékei jelentősen elmaradtak a kontrolltól (K22) és több preemergensen és posztemergensen kezelt növény értékeitől. A halauxifen-metil legmagasabb dózisával (K13), a proszulfokarb (K16) és szulfoszulfuron magasabb

dózisával (K19) kezelt növények NDVI értékei kezdetben jelentősen alacsonyabbak voltak, mint a kontroll növények értékei, a felvételezések második felében azonban közelítettek a kontroll értékekhez (7. ábra).



7. ábra. A különböző hatóanyagokkal kezelt csillagfürt növények NDVI átlagértékeinek változása a tenyésztidőszak során (Nyíregyháza, 2024)

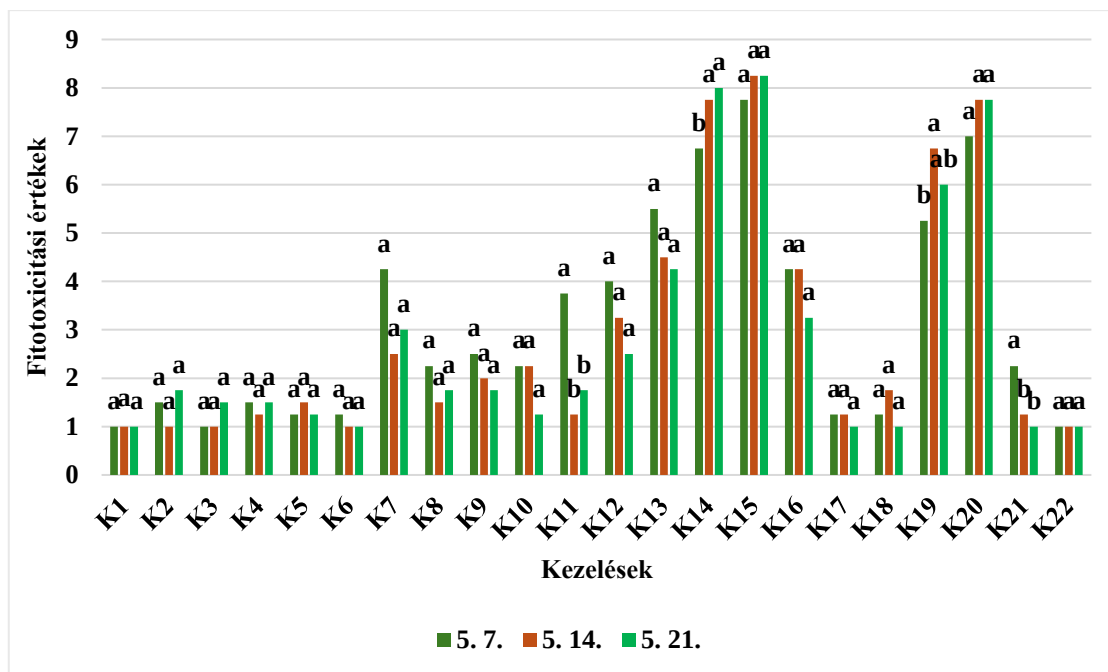
A halauxifen-metil és pikloram kombinációjának magasabb dózisa (K15) okozta a legnagyobb károsodást a növényekben. Ezekben a parcellákban a csillagfürt NDVI értékei a legalacsonyabbak voltak, és átlaguk szignifikánsan eltért az összes többi kezelés és a kontroll (K22) eredményeitől. A kontroll parcella növényeihez és több preemergens és posztemergens kezeléshez képest a legnagyobb dózisú halauxifen-metil (K13), a kisebb dózisú halauxifen-metil + pikloram (K14,), a proszulfokarb (K16), a nagyobb dózisú szulfoszulfuron (K19) és az imazamox (K20) kezelésekkel kezelt növényeknél szignifikánsan kisebb NDVI értéket mértünk. A többi kezelés nem eredményezett jelentős eltérést az NDVI értékben a kontrollhoz képest. (8. ábra).



8. ábra. A csillagfürt NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

4.1.3.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a fehérvirágú csillagfürt esetén 2024-ben

A halauxifen-metil + pikloram kezelések (K14, K15) nagyon súlyos károsodást okoztak a növényekben. A halauxifen-metil + pikloram kisebb dóziséval kezelt (K14) növények esetében az első felvételezéskor erős-súlyos károsodást dokumentáltunk, ami még tovább súlyosbodott a tenyészidőszak során. A szulfoszulfuron magasabb dóziséval (K19), és az imazamox hatóanyaggal kezelt (K20) növények szintén nem regenerálódtak a károsodásból. A preemergensen alkalmazott metribuzin (K7), a halauxifen-metil (K11, K12, K13) és a proszulfokarb (K16) kezelések eltérő mértékben fitotoxicitást okoztak, amelyből különböző mértékben regenerálódtak a növények. A többi kezelés esetében a növények vagy egyáltalán nem, vagy csak enyhe, átmeneti fitotoxikus tüneteket mutattak, amelyekből teljes mértékben regenerálódtak (9. ábra).



9. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása csillagfürtben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

Az 56 nappal a vetést követően készített fotódokumentációkon az 6. (A), (B) és (D) képen látható növény állomány egészségi állapota közel megegyezett. A klomazon (K5) és karfentrazon-etil (K17) hatóanyagokkal kezelt növények nem tértek el a kontrolltól (K22), ahogy az az ábrákon is látszódik, az elvárt ütemben növekedtek és a fenológiai állapotuknak megfelelő mennyiségű zöldtömeget hoztak. Ezzel szemben a 6. (C) képen a szulfoszulfuron magasabb dózisával kezelt (K19) növények sárgásak, növekedésük és fejlődésük elmarad az egészségestől, valamint az állománysűrűség sem megfelelő.



(A)



(B)



(C)



(D)

6. kép. (A): klomazon hatóanyaggal kezelt parcella, (B): karfentrazonnal kezelt parcella, (C): szulfoszulfuron 17 g ha^{-1} -ral kezelt parcella (D): kontroll parcella.

A fotódokumentáció 56 nappal a vetést követően készült

(Nyíregyháza, 2024)

4.1.3.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra, a növekedési jellemzőkre és a termésparaméterekre a fehérvirágú csillagfűt esetén a 2024-es tenyészidőszakban

A fitotoxicitási értékek alapján megállapítható, hogy a posztemergens kezelések közül a halauxifen-metil és pikloram hatóanyag-kombináció különböző dózisa (K14, K15), valamint az imazamox (K20) alkalmazása idézte elő a legsúlyosabb növénykárosodást. E kezelések fitotoxicitási értékei szignifikánsan meghaladták a kontroll (K22), valamint a legtöbb vizsgált kezelés értékeit, ami egyértelműen jelzi, hogy ezek a hatóanyagok, illetve hatóanyag-kombinációk kedvezőtlen hatást gyakoroltak a kultúrnövény állományára. A halauxifen-metil közepes és magas dózisának alkalmazása (K12, K13), továbbá a proszulfokarb (K16), valamint a szulfoszulfuron nagyobb dózisa (K19) szintén szignifikáns mértékű fitotoxikus tüneteket okozott a növényeken a

kontrollhoz és a többi kezeléshez viszonyítva. Ugyanakkor ezekben az esetekben a károsodás mértéke mérsékeltebb volt, mint a halauxifen-metil + pikloram kombinációval kezelt parcellákon, illetve az imazamox kezelés esetében. A preemergens, kezelések közül kizárólag a metribuzin hatóanyaggal kezelt parcellák (K7) fitotoxicitási értéke tért el szignifikánsan a kontrollétól. A többi preemergens kezelés esetében a fitotoxicitási átlagértékek alacsonyan alakultak, és még a nagyon enyhe tünetekre jellemző határértéket sem érték el.

A 2024. évi tenyészidőszakban a kísérleti területen összességében rendkívül alacsony gyomosodási szint volt megfigyelhető. Ennek következtében a különböző gyomirtó szeres kezelések gyomszabályozó hatása közötti eltérések statisztikailag nem bizonyultak szignifikánsnak. Az alacsony gyomnyomás miatt a kezelések közötti különbségek kevésbé tudtak kifejeződni, így azok hatékonyságának összehasonlítása ebben a tenyészidőszakban korlátozottan volt értékelhető. Fontos kiemelni, hogy a kontroll parcellákon (K22) sem alakult ki jelentős mértékű gyomosodás, ami tovább erősíti azt, hogy az adott évben a gyomfertőzöttség általánosan alacsony szinten maradt. Ez alapján a gyomfelvételezési eredmények értelmezésekor figyelembe kell venni, hogy a kezelések közötti nem szignifikáns különbségek részben a mérsékelt gyomnyomással magyarázhatók (15. táblázat).

A csillagfürt teljes virágzásakor végzett magasság mérési adatok szerint a klórtoluron (K10), a halauxifen-metil + pikloram kezelések (K14), a halauxifen-metil legmagasabb dózisa (K13), a proszulfokarb (K16), a szulfoszulfuron (K19) és az imazamox (K20) hatóanyagokkal kezelt parcellákon lévő növények átlag magassága szignifikánsan kisebb volt, mint a kontroll növényeké (K22). A többi kezelés nem eredményezett szignifikáns eltérést a kezelt növények magasságában a kontroll növényekhez képest (15. táblázat).

15. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára és a növény magasságra (Nyíregyháza, 2024)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Növény magasság(cm)
Preemergens kezelések				
Flumioxazin (K1)	0,06 kg ha ⁻¹	1,0 ^f	3,5 ^a	52,4 ^a
Pendimetalin (K2)	5,0 l ha ⁻¹	1,4 ^f	4,5 ^a	47,1 ^{abcd}
Dimetenamid-P (K3)	1,4 l ha ⁻¹	1,2 ^f	2,5 ^a	46,9 ^{abcd}
Petoxamid (K4)	2,0 l ha ⁻¹	1,4 ^f	1,54 ^a	45,2 ^{abcd}
Klomazon (K5)	0,2 l ha ⁻¹	1,3 ^f	2,0 ^a	49,4 ^{ab}
Metobromuron (K6)	3,0 l ha ⁻¹	1,1 ^f	4,5 ^a	48,0 ^{abc}
Metribuzin (K7)	0,55 l ha ⁻¹	3,3 ^{de}	2,0 ^a	48,3 ^{abc}
Diflufenikán (K8)	0,25 l ha ⁻¹	1,8 ^f	2,0 ^a	47,8 ^{abc}
Posztemergens kezelések				
Flumioxazin (K9)	0,06 kg ha ⁻¹	2,1 ^{ef}	3,5 ^a	46,6 ^{abcd}
Klórtoluron (K10)	2,8 l ha ⁻¹	1,9 ^f	1,0 ^a	41,1 ^{bcd}
Halauxifen-metil (K11)	0,4 l ha ⁻¹	2,3 ^{ef}	2,0 ^a	48,8 ^{abc}
Halauxifen-metil (K12)	0,5 l ha ⁻¹	3,3 ^{de}	1,5 ^a	52,2 ^a
Halauxifen-metil (K13)	0,6 l ha ⁻¹	4,8 ^c	1,5 ^a	41,5 ^{bcd}
Halauxifen-metil +Pikloram (K14)	0,25 l ha ⁻¹	7,5 ^a	1,0 ^a	31,5 ^{fg}
Halauxifen-metil +Pikloram (K15)	0,5 l ha ⁻¹	8,1 ^a	0,5 ^a	0,0 ^h
Proszulfokarb (K16)	2,5 l ha ⁻¹	3,9 ^{cd}	0,5 ^a	39,8 ^{de}
Karfentrazon-etil (K17)	35,0 g ha ⁻¹	1,2 ^f	5,0 ^a	47,8 ^{abc}
Szulfoszulfuron (K18)	13,0 g ha ⁻¹	1,3 ^f	2,0 ^a	44,8 ^{abcd}
Szulfoszulfuron (K19)	17,0 ha ⁻¹	6,0 ^b	3,0 ^a	35,1 ^{ef}
Imazamox (K20)	1,0 l ha ⁻¹	7,5 ^a	1,0 ^a	28,1 ^g
Diflufenikán (K21)	0,25 l ha ⁻¹	1,5 ^f	3,0 ^a	45,2 ^{abcd}
Kontroll (K22)	-	1,0 ^f	2,0 ^a	51,3 ^a

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

A halauxifen-metil + pikloram nagyobb dózisával kezelt (K15) parcellák esetében a tisztítást követően nem kaptunk mérhető terméseredményt (*16. táblázat*). A kontrolltól (K22) és több preemergensen és posztemergensen alkalmazott kezelés tisztított termés eredményétől jelentősen kisebb volt a legmagasabb dózisban alkalmazott halauxifen-metil (K13), a halauxifen-metil + pikloram különböző dózisával (K14, K15), a szulfuszulfuron magasabb dózisával (K19) és az imazamox (K20) hatóanyagokkal kezelt parcellák tisztított maghozama. A többi kezelésben kapott tisztított maghozamok nem tértek el jelentős mértékben a kontroll parcellák eredményeitől.

Az imazamox kezelésből származó termés ezermagtömege jelentősen kisebb volt, mint a kontroll parcellákról származó magtermése. A többi preemergensen és posztemergensen kezelt parcelláról származó termés ezermagtömege nem szignifikánsan ugyan, de felülmúlta a kontroll növények termésének ezermagtömegét. A pikloram hatóanyag nélküli halauxifen-metil kezelések (K11, K12, K13) parcelláiról származó magok ezermagtömege volt a legmagasabb (*16. táblázat*).

A többi kezeléshez és a kontroll (K22) parcelláiról származó termés szennyezettségi adatokhoz képest szintén magas volt a halauxifen-metil + pikloram kisebb dózisával kezelt (K14) parcellákról származó termésszennyezettség (17%). Ezzel szemben a legkisebb termésszennyezettség 2%-os értékkel a dimetenamid-P-vel (K3) és a klomazon (K5) hatóanyaggal kezelt parcellák növényeiről származott. A kontroll parcellákról származó termés szennyezettsége 6%-os volt, ami az átlagos érték alatt volt. Az átlagos termésszennyezettség 9% volt, amit a halauxifen-metil + pikloram (K15) kezelés által eredményezett pozitív irányú kiugró érték nagy mértékben befolyásolt (*16. táblázat*).

16. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok hatása a tisztított maghozamra, a termés szennyezettségére és az ezermagtömegre (Nyíregyháza, 2024)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termés szennyezettség (%)	Ezermagtömeg (g)
Preemergens kezelések				
Flumioxazin (K1)	0,06 kg ha ⁻¹	1847 ^a	3,2	290 ^a
Pendimetalin (K2)	5,0 l ha ⁻¹	1374 ^{ab}	3,0	284 ^a
Dimetenamid-P (K3)	1,4 l ha ⁻¹	1506 ^{ab}	2,0	305 ^a
Petoxamid (K4)	2,0 l ha ⁻¹	1416 ^a	4,0	299 ^a
Klomazon (K5)	0,2 l ha ⁻¹	1906 ^a	2,2	311 ^a
Metobromuron (K6)	3,0 l ha ⁻¹	1834 ^{ab}	3,3	304 ^a
Metribuzin (K7)	0,55 l ha ⁻¹	1248 ^{ab}	7,2	304 ^a
Diflufenikán (K8)	0,25 l ha ⁻¹	1540 ^{ab}	3,1	300 ^a
Posztemergens kezelések				
Flumioxazin (K9)	0,06 kg ha ⁻¹	1537 ^{ab}	2,6	294 ^a
Klórtoluron (K10)	2,8 l ha ⁻¹	1597 ^a	2,5	302 ^a
Halauxifen-metil (K11)	0,4 l ha ⁻¹	1691 ^a	2,5	330 ^a
Halauxifen-metil (K12)	0,5 l ha ⁻¹	1500 ^{ab}	4,0	320 ^a
Halauxifen-metil (K13)	0,6 l ha ⁻¹	988 ^b	3,7	330 ^a
Halauxifen-metil +Pikloram (K14)	0,25 l ha ⁻¹	88 ^c	16,7	269 ^{ab}
Halauxifen-metil +Pikloram (K15)	0,5 l ha ⁻¹	0 ^c	100,0	0 ^c
Proszulfokarb (K16)	2,5 l ha ⁻¹	1397 ^{ab}	2,9	312 ^a
Karfentrazon-etil (K17)	35,0 g ha ⁻¹	1672 ^a	3,2	295 ^a
Szulfoszulfuron (K18)	13,0 g ha ⁻¹	1447 ^{ab}	2,6	306 ^a
Szulfoszulfuron (K19)	17,0 g ha ⁻¹	381 ^c	6,8	292 ^a
Imazamox (K20)	1,0 l ha ⁻¹	157 ^c	7,0	224 ^b
Diflufenikán (K21)	0,25 l ha ⁻¹	1775 ^a	3,2	306 ^a
Kontroll (K22)	-	1725 ^a	5,6	284 ^a

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

4.1.3.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a fehérvirágú csillagfűrt gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján

A vizsgálat során a legerősebb negatív irányú kapcsolatot az NDVI-értékek és a fitotoxicitási értékek között mutattuk ki, amely erős korrelációnak minősült ($r = -0,880$; $p < 0,01$). Ez arra utal, hogy a növénykárosodás mértékének növekedésével az állomány vegetációs aktivitása egyértelműen csökkent. Az NDVI-értékek és a gyomnövények száma között $p < 0,01$ -es szinten gyenge erősségű, pozitív irányú korrelációt kaptunk. Ez az összefüggés azonban csak mérsékelt kapcsolatot jelez. Az NDVI-értékek és a növénymagasság között rendkívül szoros, erős pozitív korrelációt mutattunk ki ($r = 0,843$; $p < 0,01$). Ez arra utal, hogy a nagyobb vegetációs aktivitással rendelkező állományokban a növények magassága is kedvezőbben alakult. Szintén erős pozitív korreláció volt $p < 0,01$ -es szinten az NDVI-értékek és a tisztított maghozam között. Ennek alapján az NDVI-mérés jól jelezte az állomány fejlettségét és a termésképző képesség alakulását is. A fitotoxicitási értékek és a növények növekedése (magasság), a parcellák termése (nettó magtermés) között szignifikáns erős negatív korrelációt detektáltunk ($p < 0,01$). A gyomnövények száma gyenge erősségű, pozitív irányú korrelációt mutatott a csillagfűrt magasságával ($p < 0,01$), valamint a maghozammal is ($p < 0,05$). A gyomnövények száma és a vizsgált növények növekedése közötti pozitív összefüggés nem tükrözi a tipikus gyom–kultúrnövény versenyt. Ennek oka feltehetően az volt, hogy a csillagfűrt a vártnál gyorsabban zárta a talajfelszínt, így a gyomok előfordulása a kísérleti területen kismértékű maradt. Az alacsony gyomnyomás következtében a gyomnövények nem gyakoroltak számottevő negatív hatást a kultúrnövény fejlődésére. Erős pozitív korrelációt mutattunk ki $p < 0,01$ -es szinten a növénymagasság és a tisztított maghozam között, ami arra utal, hogy a fejlettebb állományok kedvezőbb terméseredményt adtak. Szintén pozitív, de gyenge erősségű kapcsolat volt a növénymagasság és az ezermagtömeg között $p < 0,01$ -es szinten. A tisztított maghozam ugyancsak gyenge, pozitív irányú korrelációt mutatott az ezermagtömeggel ($p < 0,01$).

17. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei
(Nyíregyháza, 2024 – fehérvirágú csillagfűrt)

	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Növény magasság	Tisztított maghozam	Ezermagtömeg
NDVI értékek	1,000	-0,880**	0,381**	0,843**	0,779**	0,192
Fitotoxicitási értékek	-0,880**	1,000	-0,325**	-0,712**	-0,748**	-0,132
Gyomnövény (db m ⁻²)	0,381**	-0,325**	1,000	0,316**	0,257*	0,026
Növény magasság	0,843**	-0,712**	0,316**	1,000	0,737**	0,305**
Tisztított maghozam	0,779**	-0,748**	0,257*	0,737**	1,000	0,485**
Ezermagtömeg	0,192	-0,132	0,026	0,305**	0,485**	1,000

** A korreláció p<0,01 szinten szignifikáns; * A korreláció p<0,05 szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.1.4. *Fehérvirágú csillagfűrt gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (2022–2025), a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva*

A fehérvirágú csillagfűrt 2022–2025. évi szántóföldi kisparcellás kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményeit a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva, az *1. melléklet* foglalja össze. A preemergensen kijuttatott flumioxazin, pendimetalin, dimetenamid-P, petoxamid, klomazon és metobromuron hatóanyagokkal kezelt növények 2025-ben – az előző tenyészidőszakok NDVI-eredményeihez hasonlóan – a kontrollhoz közeli értékeket mutattak, és egyáltalán nem, vagy csak enyhe mértékben okoztak fitotoxicitást. A felsorolt kezelések maghozama a vizsgált tenyészidőszakok egyikében sem tért el számottevően a kontrollétól. A diflufenikán hatóanyag preemergens és posztemergens kijuttatásáról két év adatai állnak rendelkezésre, amelyek alapján nem mutatkozott szignifikáns különbség a kontrollhoz képest az adott kezelés eredményeiben.

2025-ben a növényeket posztemergensen flumioxazinnal, klórtoluronnal és karfentrazon-etillel kezeltük. A flumioxazinnal kezelt növények minden vizsgált

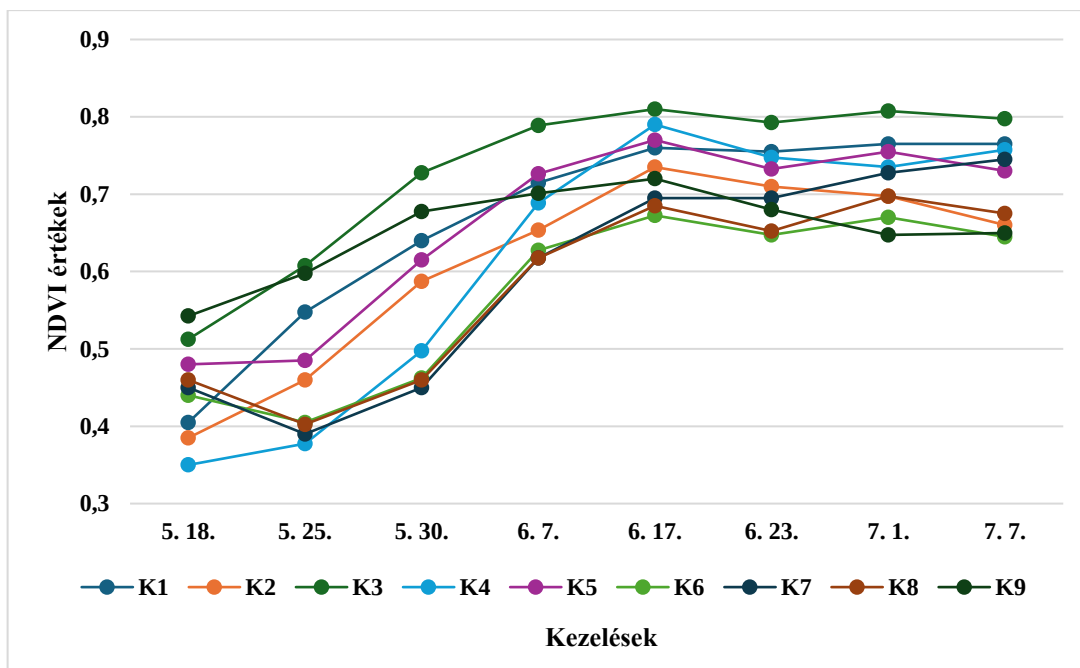
mutatóban kedvezőtlenebb eredményeket adtak, míg a klórtoluronnal és a karfentrazon-etillel kezelt állományok elsősorban az NDVI- és fitotoxicitási értékekben mutattak negatív eltérést a kontrollhoz képest. Ez arra utal, hogy e kezelések hatása főként a vegetációs aktivitás és a látható növénykárosodás szintjén jelentkezett. Ezzel szemben a 2025-ben posztmergensen kijuttatott halauxifen-metil és szulfoszulfuron fitotoxicitási és maghozam-értékei nem különböztek a kontrolltól, és a tenyészidőszakok során legfeljebb enyhe tüneteket okoztak. Ezek alapján e két hatóanyag károsító hatása a vizsgált körülmények között mérsékeltnak tekinthető.

4.2. A tavaszi bükkönyben (*Vicia sativa* L.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása

4.2.1. *Különböző gyomirtó szerek hatása a tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.) fejlődésére és termésére a 2022-es évben*

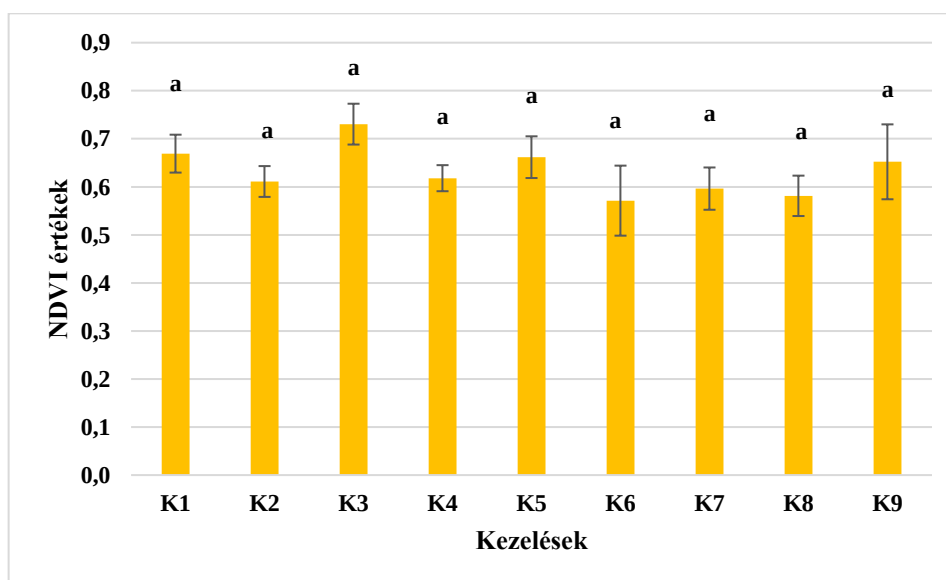
4.2.1.1 *A gyomirtó szerek hatása a normalizált differenciál vegetációs indexre (NDVI) a tavaszi bükköny esetén a 2022-es tenyészidőszakban*

A különböző hatóanyagokkal, valamint azok eltérő dózisaival kezelt parcellák NDVI-értékei között az egyes mérési időpontokban szignifikáns különbségeket mutattunk ki. A tenyészidőszak elején a bentazonnal kezelt növények (K4) esetében mértük a legalacsonyabb NDVI-értékeket, ami kezdeti kedvezőtlen hatásra utalhatott. Ezt követően elsősorban a magasabb dózisú imazamox-kezelésekben (K6–K8) alakultak alacsonyabban az NDVI-értékek. Az utolsó mérési időpontban, július 7-én a kontrollnövények (K9) átlagos NDVI-értéke az egyik legalacsonyabb volt. A mérési időpontok összességét tekintve a legmagasabb NDVI-értékeket a flumioxazinnal kezelt parcellákon (K3) mértük, ami kedvezőbb vegetációs aktivitást jelezhetett ebben a kezelésben (10. ábra).



10. ábra. A különböző hatóanyagokkal kezelt tavaszi bükköny növények NDVI átlagértékeinek változása a tenyészidőszak során (Nyíregyháza, 2022)

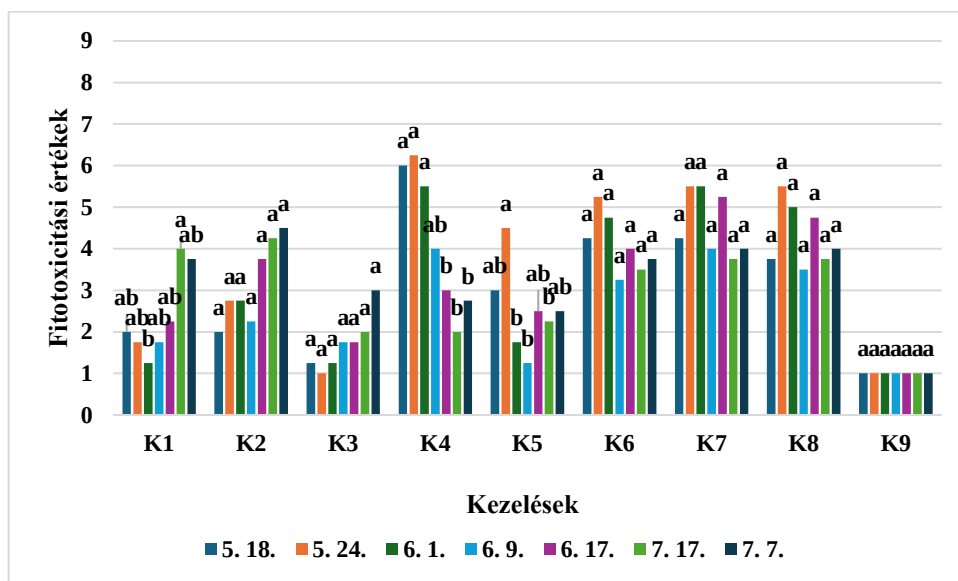
Az átlag NDVI értékek közötti különbség nem volt statisztikailag igazolható, az eltérés csupán tendencia jellegű volt. (11. ábra).



11. ábra. A tavaszi bükköny NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2022)

4.2.1.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a tavaszi bükköny esetén 2022-ben

A bentazon hatóanyaggal kezelt (K4) parcellákon a kijuttatást követő időpontokban erős károsodást értékeltük, amelyből jelentősen regenerálódott az állomány. Az imazamox kezelések közül a legkisebb dózis (K5) okozta a legenyhébb tüneteket, ugyanakkor már ennél a dózissnál is a felvételezés kezdetén határozott fitotoxicitási tüneteket dokumentáltunk. A flumioxazin kezelés (K3) parcelláin nagyon enyhe-enyhe tüneteket tapasztaltunk a tenyészidőszak során (12. ábra).



12. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása tavaszi bükkönyben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2022)

Az 7. (A) képen egy flumioxazin (K3) hatóanyaggal kezelt parcella látható, a növények fejlődése időarányos, valamint a parcella viszonylag kevésbé tekinthető gyomnövényekkel fertőzöttnek. A 7. (C) képen a kontroll (K9) parcella látható, ami egészséges növekedésű, azonban több egy és kétszikű gyomnövény helyezkedik el rajta. Az imazamox (K7) (7. (B) kép) gátolta a növények fejlődését, a parcellán belül is magasságbeli különbségek figyelhetők meg, továbbá ritka az állomány, néhol sárgás elszíneződéssel.



(A)

(B)

(C)

7. kép. (A): flumioxazin hatóanyaggal kezelt parcella, (B): imazamox 1 l ha⁻¹-ral kezelt parcella, (C): kontroll parcella. A fotódokumentáció 55 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2022)

4.2.1.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére tavaszi búkköny esetén a 2022-es tenyészidőszakban

Az imazamox magasabb dózisa (K6, K7, K8), határozott tüneteket okoztak és több növényt fitotoxikusan tartósan károsítottak. A pendimetalin (K1) és flumioxazin (K3) kezelések fitotoxicitási értékei nem különböztek a kontrollétól (K9), mivel a fitotoxicitási átlag érték csak a nagyon enyhe skála értékhez közelített.

A gyomnövények előfordulása szempontjából a kontroll (K9) parcellák mutatkoztak a leggyomosabbnak, de a különbség a bentazon (K4) hatóanyaggal és a kisebb imazamox dózissal (K5, K6) kezelt parcellákhoz képest nem volt szignifikáns. A gyomnövény felvételezés eredményei alapján a flumioxazin (K3) kezelés bizonyult a leghatékonyabbnak a gyomnövények elleni védekezésben. A flumioxazin (K3) hatóanyaggal kezelt parcellákon jelentősen kevesebb gyomnövény jelent meg a K4, K6 kezelésekhez, valamint a kontrollhoz képest.

Az imazamox kezelések (K6, K7, K8, K9) szignifikánsan csökkentették a terméshozamot a flumioxazin (K3) kezeléshez képest. A flumioxazin kezelés parcelláiról származó tisztított maghozam 61 kg ha⁻¹-ral haladta meg a kontroll (K9) parcelláiról származó tisztított maghozamot, a többi kezelés esetén a maghozam nem haladta meg a kontroll növények maghozamát.

A legnagyobb mértékű termés szennyezettséget az imazamox (K7) és a bentazon (K4) kezelések eredményezték (65% és 64%). Arányaiban a legkisebb volt a termés szennyezettség a pendimetalin (K1) hatóanyaggal kezelt parcellákon (38%), ezt a

flumioxazin (K3) hatóanyaggal kezelt parcellákról származó termés szennyezettségi arány követte (39%). A kontroll parcellákról származó termés szennyezettség 47%-kal közel áll az átlagos termés szennyezettséghez, ami 51% volt (18. táblázat).

18. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára a tisztított maghozamra és a termés szennyezettségre (Nyíregyháza, 2022)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termés szennyezettség (%)
Preemergens kezelések					
Pendimetalin (K1)	5,0 l ha ⁻¹	2,4 ^{bc}	22,4 ^{bc}	121 ^{ab}	38,2
S-metolaklór (K2)	1,4 l ha ⁻¹	3,2 ^{ab}	22 ^{bc}	83 ^{ab}	47,6
Flumioxazin (K3)	0,06 kg ha ⁻¹	1,7 ^{bc}	10,4 ^c	194 ^a	39,3
Posztemergens kezelések					
Bentazon (K4)	2,0 l ha ⁻¹	4,2 ^a	33,2 ^{ab}	99 ^{ab}	64,3
Imazamox (K5)	0,6 l ha ⁻¹	2,5 ^b	29,6 ^{abc}	59 ^b	58,3
Imazamox (K6)	0,8 l ha ⁻¹	4,1 ^a	32,4 ^{ab}	60 ^b	41,8
Imazamox (K7)	1,0 l ha ⁻¹	4,6 ^a	19,2 ^{bc}	35 ^b	64,9
Imazamox (K8)	1,2 l ha ⁻¹	4,3 ^a	22 ^{bc}	36 ^b	57,6
Kontroll (K9)	-	1,0 ^c	47,2 ^a	133 ^{ab}	47,3

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján (p<0,05).

4.2.1.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a tavaszi búkköny gyomirtási kísérletek 2022. évi eredményei alapján

Az NDVI-értékek és a fitotoxicitási értékek között közepes erősségű, negatív irányú korrelációt mutattunk ki (r = -0,653; p<0,01). Az NDVI-értékek és a tisztított maghozam

között közepes erősségű, pozitív irányú korrelációt mutattunk ki ($r = 0,507$; $p < 0,01$). A fitotoxicitási érték közepes erősségű, negatív irányú korrelációt mutatott a tisztított maghozammal ($p < 0,01$). A gyomnövények száma egyik mutatóval sem korrelált szignifikánsan (19. táblázat).

19. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei
(Nyíregyháza, 2022 – tavaszi bükköny)

	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam
NDVI értékek	1,000	-0,653**	0,144	0,507**
Fitotoxicitási értékek	-0,653**	1,000	-0,047	-0,469**
Gyomnövény (db m ⁻²)	0,144	-0,047	1,000	0,180
Tisztított maghozam	0,507**	-0,469**	0,180	1,000

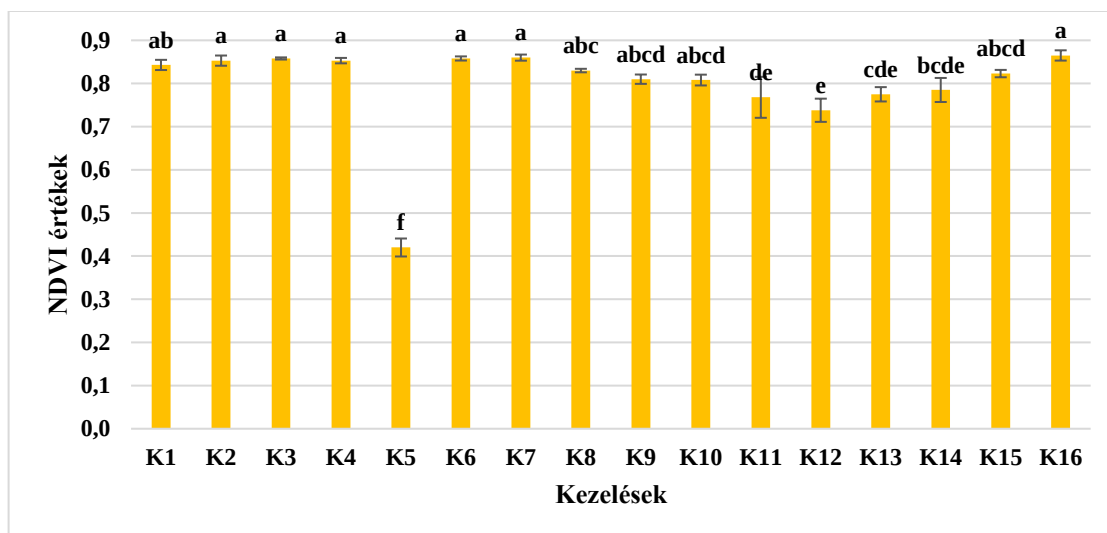
** A korreláció $p < 0,01$ szinten szignifikáns; * A korreláció $p < 0,05$ szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.2.2. A gyomirtó szerek hatása a tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.) fejlődésére és termésére a 2023-as tenyészidőszakban

4.2.2.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a tavaszi bükköny esetén a 2023-as tenyészidőszakban

A klopíralid + pikloram (K5) kezelés jelentős hatással volt a tavaszi bükköny állományra, amelyek NDVI értékei szignifikánsan elmaradtak a kontroll (K9) és a többi kezelés értékeitől. A trifluszulfuron-metil hatásfokozóval (K11), a szulfoszulfuron (K12) és a tifenszulfuron-metil kezelések (K13, K14) szintén jelentősen alacsonyabb NDVI értékeket eredményeztek a kontroll és a kezelt parcellák többségéhez képest. A kontroll parcellák NDVI értékét egyik kezelés sem tudta felülmúlni, azonban flumioxazin,

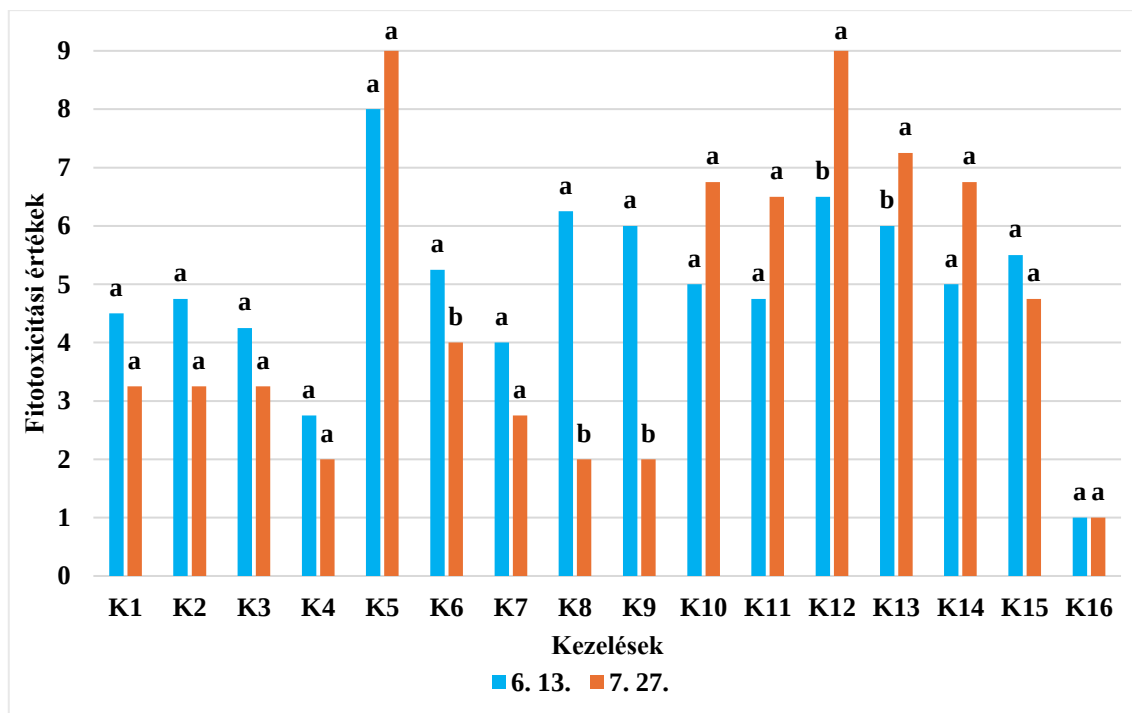
klórtoluron, metazaklór + quinmerak, MCPB különböző dózisaival, a trifluszulfuron metil hatásfokozó nélkül és a bentazon kezelések szignifikánsan nem tértek el tőle (K1, K2, K3, K4, K6, K7, K8, K9, K10 K15) (13. ábra).



13. ábra. A tavaszi bükköny NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2023)

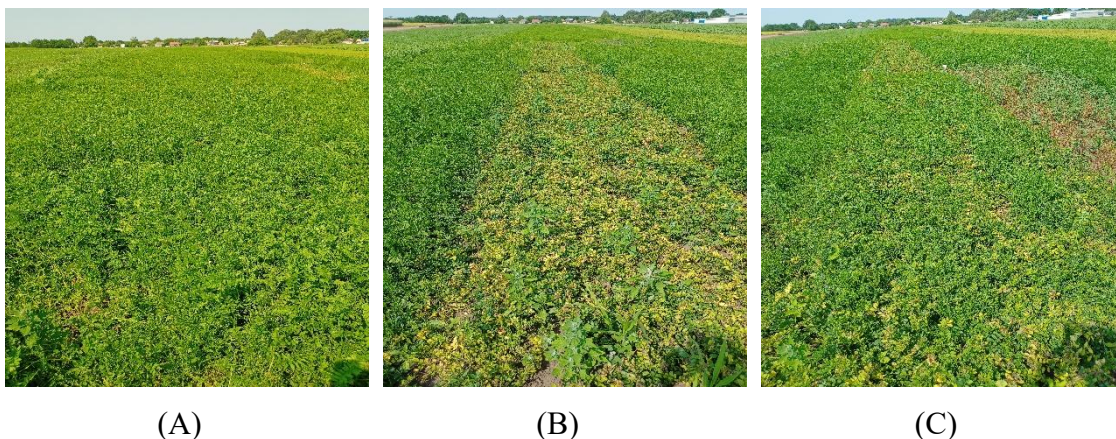
4.2.2.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a tavaszi bükköny esetén 2023-ban

Több kezelésben a második felvételezéskor meghatározott fitotoxicitási érték meghaladta az első időpontban tapasztalt értéket, a szulfoszulfuron (K12) és a trifluszulfuron (hatásfokozó nélkül) (K13) ALS gátlókkal történő kezelések esetében szignifikáns módon. Ezzel szemben a metazaklór + quinmerak kisebb dózisaival (K6) az MCPB különböző dózisaival (K8, K9) kezelt növények esetében az első fitotoxicitási értékek szignifikánsan meghaladták a második felvételezéskor dokumentált értékeket (14. ábra).



14. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxiciási átlagértékeinek alakulása tavaszi bükkönyben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik a Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2023)

A 8. (A) képen a klórtoluron magasabb dózisával kezelt (K4) parcella látható a növények növekedési és fejlődési állapota megfelelő, a kezdeti fitotoxikusságból némi regeneráció volt megfigyelhető. A 8. (B) képen a szulfoszulfuronnal (K12) kezelt parcellán látható növényállomány eltér az egészségestől, kevés zöldtömeg látható, valamint erős sárgás elszíneződés. A hatásfokozó nélküli tifenszulfuron-metil kezelést szemlélteti a 8. (C) kép. Egyenlőtlen állományfejlődés és szórványosan sárgás elszíneződés fedezhető fel.



8. kép. (A): klórtoluron 3 l ha⁻¹-ral kezelt parcella, (B): szulfoszulfuronnal kezelt parcella, (C): hatásfokozó nélküli tifenszulfuron-metillel kezelt parcella (D): A fotódokumentáció 57 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2023)

4.2.2.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére a tavaszi búkköny esetén a 2023-as tenyésztésidőszakban

Nagyon súlyos károsodást okozott a klopíralid + pikloram (K5) kezelés, a vizuális értékelés alapján kapott pontszámmal szignifikánsan eltért a kontrolltól és a szulfoszulfuron (K12) kezelésén kívül a többi kezeléstől. Az összes kezelés szignifikánsan eltért a kontrolltól, a legenyhébb tüneteket a klórtoluron magasabb dózisával (K5) és a metazaklór + quinmerak magasabb dózisával kezelt (K7) növényeken dokumentáltuk (20. táblázat).

A kedvezőbb időjárási viszonyoknak köszönhetően a tavaszi búkköny megfelelően fejlődött, jól zárta a talajt, így nem volt jellemző a gyomosodás a parcellákon. Egyedül a klopíralid + pikloram (K5) kezelés parcelláin felvételezett gyomnövényszám tért el a kontrolltól (K16). A klopíralid + pikloram kezelés egy parcelláján dominánsnak bizonyult a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.), ez okozza a kiugró értéket

A hatásfokozó nélküli trifluszulfuron-metil, a szulfoszulfuron és a hatásfokozó nélküli tifenszulfuron-metil hatóanyagokkal kezelt parcellák (K10, K12, K13) átlagos maghozama szignifikánsan elmaradt a kontroll (K16) parcellák eredményeitől. A flumioxazin kisebb dózisa, a klórtoluron magasabb dózisa, a klopíralid + pikloram, az MCPB különböző dózisa, a trifluszulfuron-metil + hatásfokozó, a tifenszulfuron-metil + hatásfokozó kezelések (K1, K4, K5, K8, K9, K11, K14) parcelláiról származó tisztított terméseredmények alulmúlták a kontroll eredményét, de a különbségek statisztikailag nem bizonyultak szignifikánsnak. A metazaklór + quinmerak különböző dózisaival (K6, K7), valamint a flumioxazin magasabb dóziséval, a klórtoluron alacsonyabb dóziséval, és a bentazon hatóanyaggal (K2, K3, K15) kezelt parcellákról származó maghozam nagyobb volt a kontroll parcellák maghozamánál (20. táblázat).

A kísérlet során a legnagyobb mértékű magtermés-szennyezettséget (49%) a tifenszulfuron-metil hatásfokozó nélküli (K13) alkalmazása okozta. Ezzel szemben a legalacsonyabb szennyezettségi arányt (29%) a trifluszulfuron-metil + hatásfokozóval kezelt (K11) parcellákon, valamint a kontroll parcellákról dokumentáltuk. A hatásfokozó nélküli trifluszulfuron-metil kezelés (K10) esetén magas szennyezettségi értéket (47%) mértünk. Az átlagos termés szennyezettség 36% volt.

20. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettségre (Nyíregyháza, 2023)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termés szennyezettség (%)
Posztemergens kezelések					
Flumioxazin (K1)	0,06 kg ha ⁻¹	3,9 ^{ef}	2,0 ^b	511 ^{abc}	39,8
Flumioxazin (K2)	0,08 kg ha ⁻¹	4,0 ^{ef}	3,2 ^b	560 ^{abc}	37,3
Klórtoluron (K3)	2,8 l ha ⁻¹	3,8 ^{ef}	16,0 ^{ab}	647 ^a	36,9
Klórtoluron (K4)	3,0 l ha ⁻¹	2,4 ^g	5,2 ^b	467 ^{abcd}	38,3
Klopiralid + Pikloram (K5)	0,3 l ha ⁻¹	8,5 ^a	28,0 ^a	307 ^{cde}	41,6
Metazaklór + Quinmerak (K6)	2,0 l ha ⁻¹	4,6 ^{def}	3,2 ^b	633 ^{ab}	32,5
Metazaklór + Quinmerak (K7)	2,25 l ha ⁻¹	3,4 ^{fg}	6,0 ^b	567 ^{abc}	30,2
MCPB (K8)	2,0 l ha ⁻¹	4,1 ^{ef}	7,2 ^b	413 ^{abcd}	33,2
MCPB (K9)	3,0 l ha ⁻¹	4,0 ^{ef}	5,2 ^b	427 ^{abcd}	30,2
Trifluszulfuron- metil (K10)	20, g ha ⁻¹	5,9 ^{cd}	14,0 ^{ab}	117 ^c	46,6
Trifluszulfuron- metil + etoxilált izodecil-alkohol (K11)	20,0 g ha ⁻¹	5,6 ^{cd}	11,2 ^b	350 ^{bcde}	28,6
Szulfoszulfuron (K12)	10,0 g ha ⁻¹	7,8 ^{ab}	9,2 ^b	180 ^{de}	46,0
Tifenszulfuron- metil (K13)	15,0 g ha ⁻¹	6,6 ^{bc}	8,0 ^b	177 ^{de}	49,3
Tifenszulfuron- metil + etoxilált izodecil-alkohol (K14)	15,0 g ha ⁻¹	5,9 ^{cd}	4,0 ^b	283 ^{cde}	35,6
Bentazon (K15)	1,5 l ha ⁻¹	5,1 ^{de}	16,0 ^{ab}	652 ^a	30,2
Kontroll (K16)	-	1,0 ^h	4,0 ^b	520 ^{abc}	28,9

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján (p<0,05).

4.2.2.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a tavaszi bükköny gyomirtási kísérletek 2023. évi eredményei alapján

Erős negatív korrelációt mutattunk ki az NDVI értékek és a fitotoxicitás között ($r = -0,783$; $p < 0,01$). Az NDVI értékek és a gyomnövények száma között gyenge erősségű negatív összefüggést mutattunk ki ($p < 0,01$). A vizsgált változópárok közül az NDVI-értékek és a tisztított maghozam között jelentkezett a legerősebb pozitív irányú kapcsolat, amely gyenge erősségű korrelációnak minősült ($r = 0,368$; $p < 0,01$). A fitotoxicitási értékek negatívan gyenge erősséggel korreláltak $p < 0,05$ -ös szinten a tisztított terméseredményekkel (21. táblázat).

21. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei (Nyíregyháza, 2023 – tavaszi bükköny)

	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam
NDVI értékek	1,000	-0,783**	-0,344**	0,368**
Fitotoxicitási értékek	-0,783**	1,000	0,295*	-0,316*
Gyomnövény (db m ⁻²)	-0,344**	0,295**	1,000	0,017
Tisztított maghozam	0,368**	-0,316*	0,017	1,000

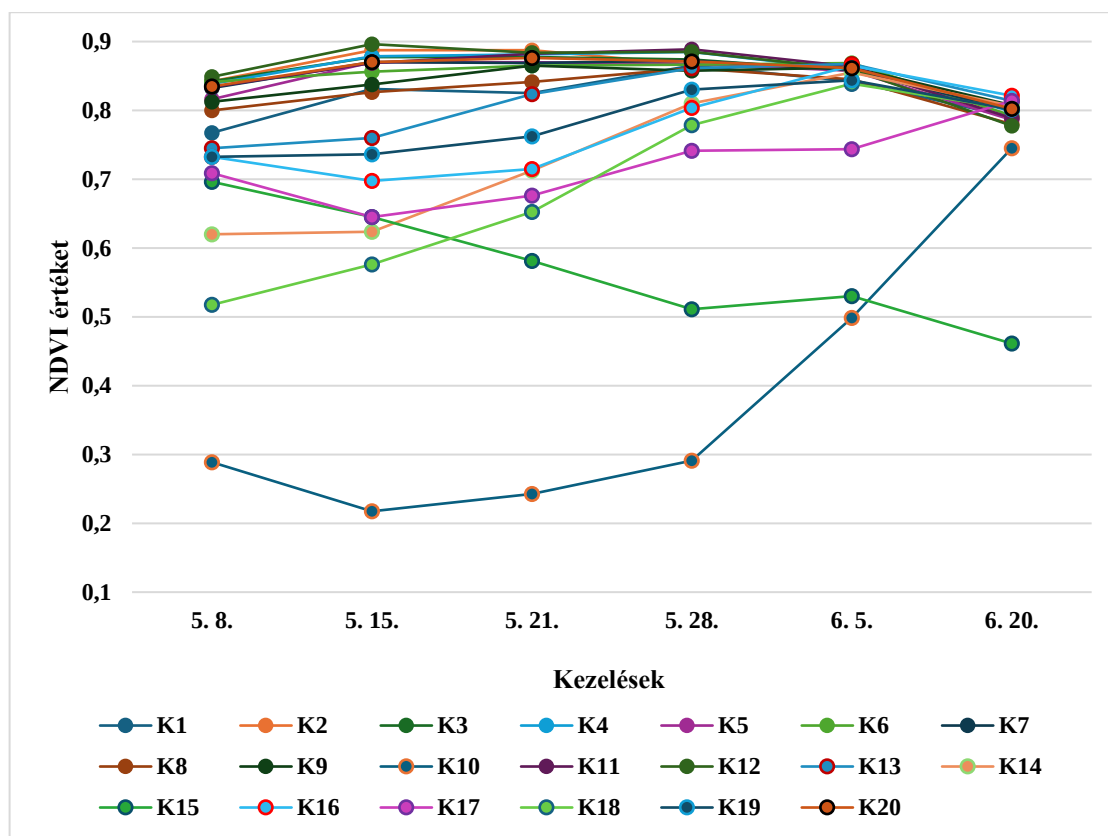
**A korreláció $p < 0,01$ szinten szignifikáns; * A korreláció $p < 0,05$ szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.2.3. Különböző gyomirtó szerek hatása a tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben

4.2.3.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a tavaszi bükköny esetén a 2024-es tenyészidőszakban

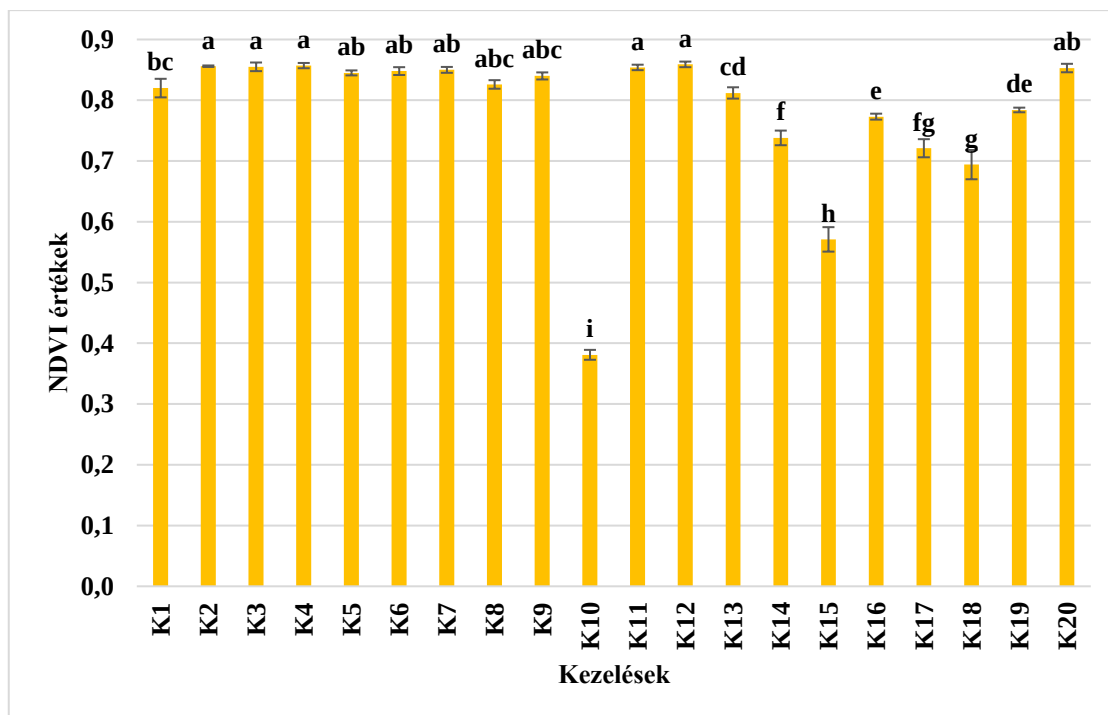
A klopíralid + pikloram hatóanyaggal kezelt (K10) parcellák NDVI értékei jelentősen kisebbek voltak, mint a többi kezelés és a kontroll (K20) értékei. A klopíralid + pikloram kezelés teljes kultúrnövény-pusztulást okozott, ebből kifolyólag az utolsó felvételezéskor mért magasabb NDVI érték a parcellákon elhelyezkedő gyomnövényeknek volt köszönhető. A szulfoszulfuron hatóanyaggal kezelt (K15)

növényállományok NDVI értékei a tenyészedőszak során folyamatos csökkenést mutattak. Jelentősen csökkentették a tavaszi bükkönyben mért NDVI értékeket az MCPB, tifenszulfuron-metil, bentazon és imazamox kezelések (K13, K14, K16, K17, K18, K19) a kontrollhoz és a többi kezeléshez viszonyítva (15. ábra).



15. ábra. A különböző hatóanyagokkal kezelt tavaszi bükköny növények NDVI átlagértékeinek változása a tenyészedőszak során (Nyíregyháza, 2024)

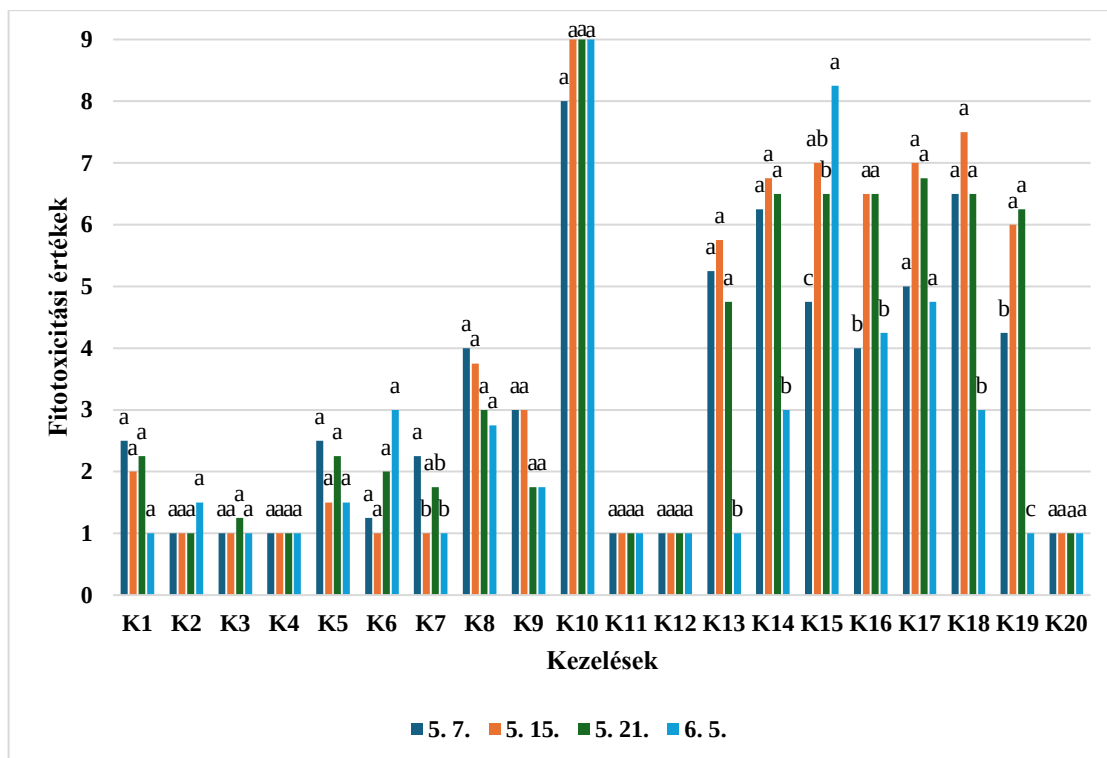
A klopiramid + pikloram (K10) kezelés a tavaszi bükköny állomány NDVI értékében szignifikáns negatív eltérést eredményezett a kontrollhoz (K20) és a többi kezeléshez képest. A posztemergens kezelések közül az MCPB dózisa (K13, K14), a szulfoszulfuron (K15), a tifenszulfuron-metil (hatásfokozóval és anélkül; K16, K17), a bentazon (K18) és az imazamox (K19) hatóanyagok szignifikánsan negatív hatással voltak a növények növekedésére, amit a kontrollhoz képest jelentősen alacsonyabb NDVI értékek is igazoltak. A kelés után kijuttatott flumioxazin, klórtoluron és metazaklór + quinmerak kezelések (K6, K7, K8, K9, K11, K12) nem eredményeztek szignifikáns eltérést a kontroll növények NDVI értékeihez képest. A preemergensen alkalmazott kezelések parcelláiban mért NDVI értékek nem különböztek jelentősen a kontrollnál mértől (16. ábra).



16. ábra. A tavaszi bükköny NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

4.2.3.2 *A gyomirtó-kezelések fitotoxicitásának mértéke a tavaszi bükköny esetén 2024-ben*

A klopíralid + pikloram kezelés (K10) teljes növénypusztulást okozott a tenyésztési időszak során. Kisebb fitotoxicitást állapítottunk meg az MCPB (K13, K14), tifenszulfuron-metil (K16), bentazon (K18) és az imazamox (K19) hatóanyagokkal kezelt növények esetében az utolsó felvételezési időpontban a korábbi megfigyelésekhez képest. Ezzel szemben a szulfoszulfuron hatóanyaggal kezelt (K15) növények az utolsó értékelési időpontban mutatták a legsúlyosabb tüneteket. A tifenszulfuron-metil + hatásfokozóval kezelt (K17) növények fitotoxicitási skála értékei statisztikailag nem különböztek időpontonként. Értékei a károsodás-súlyos károsodás között mozogtak (17. ábra).



17. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása tavaszi bükkönyben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

A 9. (A) képen egy preemergensen flumioxazin hatóanyaggal kezelt (K3) parcella, a 9. (C) képen a metazaklór + quinmerak kombináció kisebb dóziséval kezelt (K11) parcella a látható. A klopíralid + pikloram (K10) kezelés teljes tavaszi bükköny károsodást okozott, miközben több gyomnövény nem szenvedett fitotoxikus károsodást (9. (B) kép). A bentazon kezelés (K18) torz növekedést, helyenként sárgás elváltozást és ritkás növényállományt eredményezett (9. (D) kép).



(A)



(B)



(C)



(D)

9. kép. (A): preemergensen flumioxazin 0,06 kg ha⁻¹-ral kezelt tavaszi búkköny parcella, (B): klopíralid + piklorammal kezelt parcella, (C): metazaklór + quinmerak 2 l ha⁻¹-ral kezelt parcella (D): bentazonnal kezelt parcella. A fotódokumentáció 57 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2024)

4.2.3.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás, és hatásuk a gyomnövényszámra és növekedési jellemzőkre a tavaszi búkköny esetén a 2024-es tenyészidőszakban

Az összes időpontban végzett megfigyelés átlagában a posztemergens kezelések közül a klórtoluron különböző dózisa (K8, K9), MCPB (K13, K14), szulfoszulfuron (K15), tifenzulfuron-metil (K16, K17), bentazon (K18) és imazamox (K19) hatóanyagokkal végzett kezelések, valamint a klopíralid és pikloram kombinációja (K10) fitotoxicitási pontszámai szignifikáns károsodást mutattak a kontrollhoz képest. Teljes növény pusztulást okozott a klopíralid + pikloram kombinációja (K10). A klórtoluron kezelések (K8, K9) esetében azonban regenerálódtak a növények az idő előrehaladtával. A kelés után kijutatott flumioxazin kezelések (K6, K7), fitotoxicitási pontszámában nem tértek el a kontrolltól, a metazaklór + quinmerak kezelések (K11, K12) pedig nem okoztak fitotoxicitást. A preemergens kezelések közül a pendimetalin és metribuzin (K1, K5)

hatóanyaggal kezelt parcellákon felvételezett átlagpontszámok közelítettek egyedül az enyhe tüneteket jelző skála-értékhez, ezzel szignifikánsan különböztek a kontrolltól. A kelés előtt kijuttatott S-metolaklór, flumioxazin és kломazon (K2, K3, K4) nem tért el fitotoxicitási pontszámában a kontrolltól.

A gyomnövények száma egyik kezelés esetében sem tért el szignifikánsan a kontrolltól. A legtöbb gyomnövényt az imazamox kezelés parcelláin (K19) felvételeztük (22. táblázat). A kísérleti területen ebben az évben összességében alacsony gyomosodási szint volt megfigyelhető, ezért a kezelések gyomszabályozó hatása csak korlátozottan volt értékelhető. Ennek alapján megállapítható, hogy a gyomosodás nem volt meghatározó tényező az adott tenyészidőszakban.

A teljes pusztulást okozó klopíralid + pikloram (K10), a szulfoszulfuron (K15), a tifenszulfuron-metil hatásfokozós és hatásfokozó nélküli (K16, K17) kezelések parcelláin lévő növények magassága szignifikánsan kisebb volt a kontroll (K20) parcellákon mért növényekétől. A többi kelés után kijuttatott kezelés (K6, K7, K8, K9, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19) parcelláin mért átlagos növénymagasság szignifikánsan nem tért el a kontrolltól. A preemergens kezelések (K1-K5) alkalmazása során nem tapasztaltunk jelentős különbséget a növények átlagos magasságában a kontrollhoz képest. A számszerű adatok alapján azonban a kломazon (K4) hatóanyaggal kezelt növények érték el a legnagyobb átlagos magasságot (22. táblázat).

22. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára és a növény magasságra (Nyíregyháza, 2024)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Növény magasság (cm)
Preemergens kezelések				
Pendimetalin (K1)	5,0 l ha ⁻¹	1,9 ^{ef}	3,0 ^{ab}	39,9 ^{ab}
S-metolaklór (K2)	1,4 l ha ⁻¹	1,1 ^{fg}	2,0 ^{ab}	44,4 ^a
Flumioxazin (K3)	0,06 kg ha ⁻¹	1,1 ^g	0,0 ^b	44,8 ^a
Klomazon (K4)	0,2 l ha ⁻¹	1,0 ^g	2,0 ^{ab}	47,4 ^a
Metribuzin (K5)	0,55 l ha ⁻¹	1,9 ^{ef}	0,0 ^b	46,8 ^a
Posztemergens kezelések				
Flumioxazin (K6)	0,06 kg ha ⁻¹	1,8 ^{efg}	0,0 ^b	44,0 ^a
Flumioxazin (K7)	0,08 kg ha ⁻¹	1,5 ^{fg}	0,0 ^b	41,5 ^a
Klórtoluron (K8)	2,8 l ha ⁻¹	3,6 ^d	3,2 ^{ab}	42,9 ^a
Klórtoluron (K9)	3,0 l ha ⁻¹	2,4 ^e	0,0 ^b	40,3 ^{ab}
Klopiralid + Pikloram (K10)	0,3 l ha ⁻¹	8,8 ^a	2,0 ^{ab}	0,0 ^c
Metazaklór + Quinmerak (K11)	2,0 l ha ⁻¹	1,0 ^g	0,0 ^b	44,3 ^a
Metazaklór + Quinmerak (K12)	2,25 l ha ⁻¹	1,0 ^g	1,2 ^{ab}	45,3 ^a
MCPB (K13)	2,0 l ha ⁻¹	4,2 ^d	1,2 ^{ab}	46,2 ^a
MCPB (K14)	3,0 l ha ⁻¹	5,6 ^c	1,2 ^{ab}	39,4 ^{ab}
Szulfoszulfuron (K15)	10, g ha ⁻¹	6,6 ^b	0,0 ^b	15,6 ^d
Tifenszulfuron- metil (K16)	15,0 g ha ⁻¹	5,3 ^c	2,0 ^{ab}	31,8 ^{bc}
Tifenszulfuron- metil + Etoxilált izodecil-alkohol (K17)	15,0 g ha ⁻¹	5,9 ^{bc}	1,2 ^{ab}	24,6 ^c
Bentazon (K18)	1,5 l ha ⁻¹	5,9 ^{bc}	0,0 ^b	41,0 ^{ab}
Imazamox (K19)	0,8 l ha ⁻¹	4,4 ^d	4,0 ^a	38,8 ^{ab}
Kontroll (K20)	-	1,0 ^g	1,2 ^{ab}	45,9 ^a

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

4.2.3.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a tavaszi bükköny gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján

Az NDVI és a fitotoxicitás mértéke között mutattuk ki a legerősebb (nagyon erős) negatív korrelációt ($r = -0,936$; $p < 0,01$). Az NDVI-értékek közepes erősségű, pozitív irányú korrelációt mutattak a növénymagasság-értékekkel ($r = 0,530$; $p < 0,01$). A fitotoxicitási értékek közepes erősségű, negatív irányú korrelációt mutattak a növénymagassági adatokkal ($p < 0,01$) (23. táblázat).

23. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei (Nyíregyháza, 2024 – tavaszi bükköny)

	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Növény magasság
NDVI értékek	1,000	-0,936**	-0,049	0,530**
Fitotoxicitási értékek	-0,936**	1,000	0,087	-0,558**
Gyomnövény (db m ⁻²)	-0,049	0,087	1,000	-0,094
Növény magasság	0,530**	-0,558**	-0,094	1,000

** A korreláció $p < 0,01$ szinten szignifikáns; * A korreláció $p < 0,05$ szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.2.4. Tavaszi bükköny gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (2022–2025), a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva

A tavaszi bükköny 2022–2025. évi szántóföldi kisparcellás kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményeit, a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva, az 2. melléklet foglalja össze. A preemergensen kijuttatott flumioxazin, klorazon és metribuzin hatóanyagok nem okoztak fitotoxicitást 2025-ben, ezt a mért NDVI értékek is megerősítik. Az említett hatóanyagokkal kezelt növények esetében a korábbi eredmények is a kontrollhoz közeli értékeket mutattak. Kivételt képez a metribuzin 2024-es kijuttatása, amely statisztikailag ugyan eltért, azonban ez is csupán enyhe tüneteket jelző

skálaértéket eredményezett. A pendimetalinnal kezelt növények fitotoxicitási értékei a kontrolltól eltértek a tenyészidőszakok során, és nagyon enyhe - enyhe skála értékeket jeleztek.

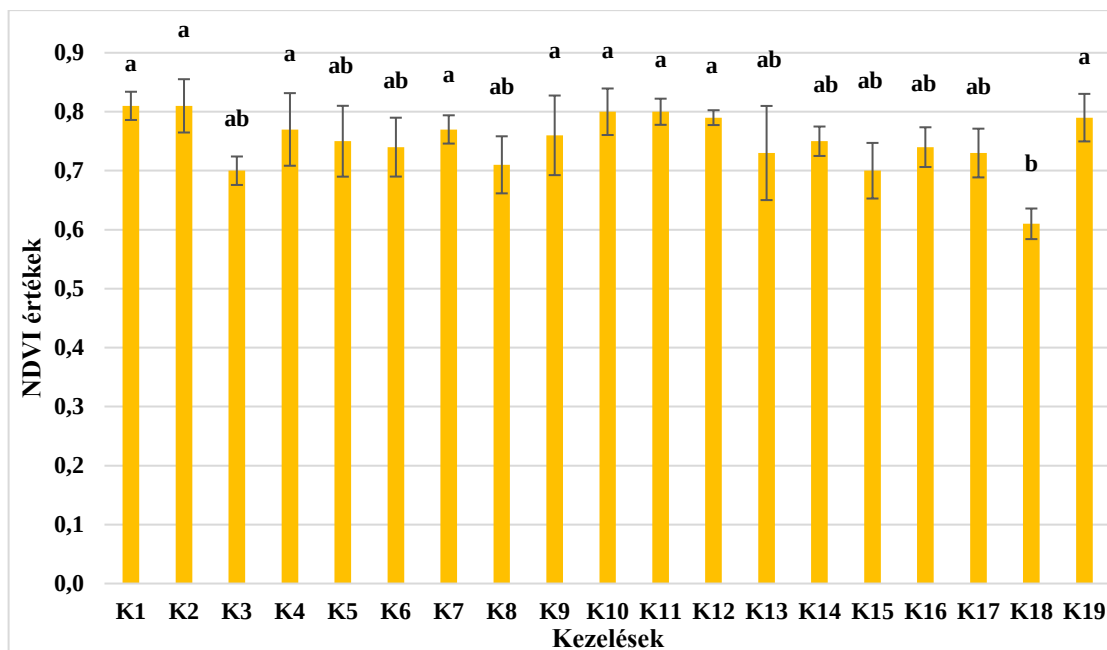
A flumioxazin és klórtoluron hatóanyagok posztemergens alkalmazása jelentős fitotoxicitást okozott 2025-ben, amelyek az NDVI értékekben is tükröződtek. Az előző tenyészidőszakokban is megfigyelhető volt különböző mértékű (enyhébb – erősebb) fitotoxicitás, azonban annak értékei elmaradtak a 2025-ben dokumentált skála értékektől. A metazaklór + quinmerak hatóanyag kombinációval kezelt növények NDVI és fitotoxicitási értékei nem különböztek 2025-ben a kontroll növények értékeitől. A 2023-as tenyészidőszakban a kezelések beleértve a metazaklór + quinmerak kombinációt is általánosságban nagyobb fitotoxicitást okoztak, ugyanakkor a többi vizsgált mutatóban nem mutattak eltérést a kontroll eredményeitől. Tendencia szintjén a maghozam tekintetében az említett évben meg haladták a kontroll parcellák növényeinek értékeit.

4.3. A pohánkában (*Fagopyrum esculentum* Moench.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása

4.3.1. *Különböző gyomirtó szerek hatása a pohánka (*Fagopyrum esculentum* Moench.) fejlődésére és termésére a 2023-as évben*

4.3.1.1 *A gyomirtó szerek hatása a pohánka növényállományok NDVI értékeire a 2023-as tenyészidőszakban*

Az NDVI értékek terén a terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (K18) hatóanyagokkal kezelt parcellák NDVI értéke szignifikánsan kisebb volt, mint a kontroll (K19). A többi hatóanyag és hatóanyag-kombinációval kezelt növények NDVI értékekben nem tértek el szignifikánsan a kontroll parcellánál mérttől. (18. ábra).



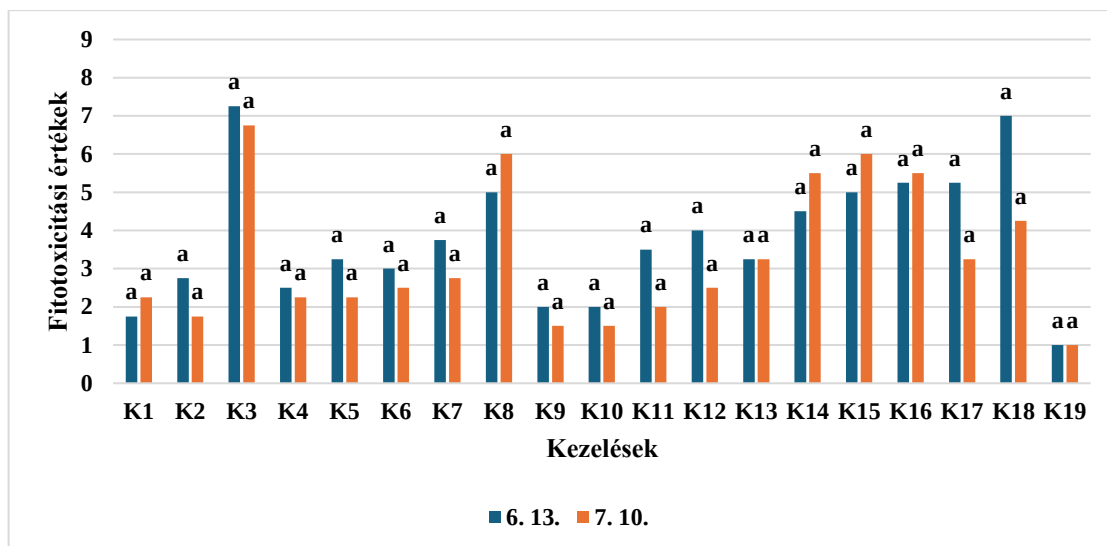
18. ábra. A pohánka NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására.

Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik

Duncan teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2023)

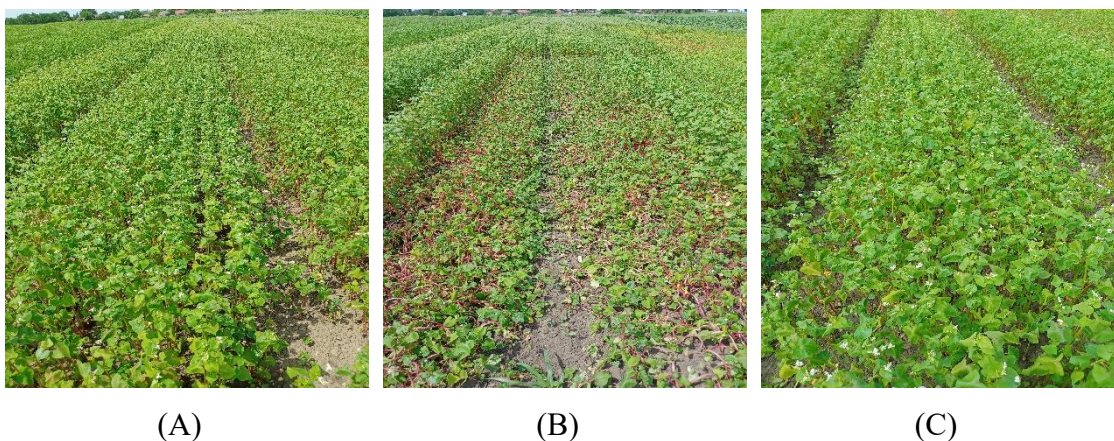
4.3.1.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a pohánka esetén 2023-ban

A 2,4-D (K3) kezelés tartósan súlyos károsodást okozott a pohánkában, míg a terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (K18) kezelésben az első felvételezés alkalmával súlyos károsodást mutattak a növények, a második felvételezéskor azonban kissé alacsonyabb értékeket kaptunk. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a fitotoxicitási értékek nem változtak szignifikánsan a két vizsgált időpont között egyik kezelés esetében sem. Az enyhe-nagyon enyhe tüneteket okozó kezelések esetében sem volt további súlyosbodás tapasztalható (19. ábra).



19. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása pohánkában. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2023)

A 10. (A) és (C) képen látható, virágzás elején lévő növény állományok egészségesek és a koruknak megfelelően fejlődtek. Ezzel szemben az 10. (B) képen a 2,4-D-vel kezelt növények elfeküdtek a talajon száruk görbült és abnormális növekedést mutattak.



10. kép. (A): preemergensen fluorkloridonnal kezelt parcella, (B): 2,4-D-vel kezelt parcella, (C) kontroll parcella. A fotódokumentáció 30 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2023)

4.3.1.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettség mértékére a pohánka esetén a 2023-as tenyészidőszakban

Az összes megfigyelés átlagában a vizuálisan felvételezett fitotoxicitási pontszámok alapján a metribuzin magasabb dózisa (K12), szulfoszulfuron különböző dózisa (K13, K14), a trifluszulfuron-metil (K15), a tifenszulfuron-metil (K16), a mezotrion (K17), a terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (K18) kezelések szignifikánsan nagyobb károsodást mutattak a kontrollhoz viszonyítva. A posztemergens kezelések közül a klopíralid (K4) a halauxifen-metil + klopíralid különböző dózisa (K9, K10) és a metribuzin kisebb dózisa (K11) kezelt növények fitotoxicitási pontszáma nem tért el szignifikánsan a kontrolltól. A preemergens kezelések a fluorkloridon és S-metolaklór (K1, K2) fitotoxicitási pontszáma nem tért el a kontrolltól (24. táblázat).

A legtöbb gyomnövény a klopíralid (K4) hatóanyaggal kezelt parcellákon fordult elő. A kontroll (K19) parcelláin előforduló gyomnövények számától egyik kezelés parcelláin felvételezett átlagos gyomnövény szám sem tért el szignifikáns mértékben. Meg kell jegyezni, azonban, hogy több kezelés is szinte teljes gyomkontrollt eredményezett (24. táblázat).

A legalacsonyabb maghozamot a 2,4-D (K3) kezelés eredményezte, 353 kg ha⁻¹-ral volt kevesebb mint a kontroll parcellák (K19) tisztított maghozama, azonban ez sem bizonyult szignifikáns eltérésnek. Tisztított maghozamban csak az S-metolaklór (K2) hatóanyaggal kezelt növények eredménye múlta felül (nem szignifikáns mértékben) a kontroll (K19) parcellák maghozam eredményét (24. táblázat).

A legmagasabb termésszennyezettséget a trifluszulfuron-metillel (K11) kezelt parcellákon dokumentáltuk 23%-kal. A legkisebb termés szennyezettséget (9%) a metribuzin kisebb dózisa (K7), és a mezotrion (K13) hatóanyaggal kezelt termés esetében dokumentáltuk. A kontroll (K19) parcellákról származó 11%-os termésszennyezettség az átlagos 14% alatt maradt (24. táblázat).

24. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövények darabszámára, a tisztított maghozamra és a termés szennyezettségre (Nyíregyháza, 2023)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termés szennyezettség (%)
Preemergens kezelések					
Fluorkloridon (K1)	2,0 l ha ⁻¹	2,0 ^{ef}	6,8 ^b	583 ^{abc}	10,7
S-metolaklór (K2)	1,4 l ha ⁻¹	2,3 ^{ef}	6,0 ^b	658 ^a	13,4
Posztemergens kezelések					
2,4-D (K3)	1,0 l ha ⁻¹	7,0 ^a	6,0 ^b	260 ^c	15,2
Klopíralid (K4)	0,2 l ha ⁻¹	2,4 ^{def}	22,0 ^a	563 ^{abc}	12,4
Halauxifen-metil (K5)	0,8 l ha ⁻¹	2,8 ^{def}	1,2 ^b	393 ^{abc}	18,1
Halauxifen-metil (K6)	1,0 l ha ⁻¹	2,8 ^{def}	3,2 ^b	450 ^{abc}	20,6
Halauxifen-metil + Pikloram (K7)	0,25 l ha ⁻¹	3,3 ^{cde}	5,2 ^b	443 ^{abc}	18,9
Halauxifen-metil + Pikloram (K8)	0,5 l ha ⁻¹	5,5 ^{ab}	4,0 ^b	280 ^{bc}	34,9
Halauxifen-metil + Klopíralid (K9)	0,75 l ha ⁻¹	1,8 ^{ef}	12,0 ^{ab}	437 ^{abc}	19,6
Halauxifen-metil + Klopíralid (K10)	1,0 l ha ⁻¹	1,8 ^{ef}	4,0 ^b	533 ^{abc}	16,7
Metribuzin (K11)	0,3 l ha ⁻¹	2,8 ^{def}	8,0 ^{ab}	580 ^{abc}	8,9
Metribuzin (K12)	0,4 l ha ⁻¹	3,3 ^{cde}	5,2 ^b	603 ^{abc}	11,7
Szulfoszulfuron (K13)	8,0 g ha ⁻¹	3,3 ^{cde}	8,0 ^{ab}	428 ^{abc}	14,0
Szulfoszulfuron (K14)	10,0 g ha ⁻¹	5,0 ^{bc}	1,2 ^b	347 ^{abc}	19,4
Trifluszulfuron- metil (K15)	25 g ha ⁻¹	5,5 ^{ab}	7,2 ^b	307 ^{abc}	23,3
Tifenszulfuron- metil (K16)	15,0 g ha ⁻¹	5,4 ^{ab}	10,0 ^{ab}	353 ^{abc}	15,2
Mezotrion (K17)	0,25 l ha ⁻¹	4,3 ^{bcd}	4,0 ^b	533 ^{abc}	8,6
Terbutilazin + Mezotrion + S- metolaklór (K18)	4,0 l ha ⁻¹	5,6 ^{ab}	1,2 ^b	530 ^{abc}	13,1
Kontroll (K19)	-	1,0 ^f	9,2 ^{ab}	613 ^{ab}	11,1

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján (p<0,05)

4.3.1.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a pohánka gyomirtási kísérletek 2023. évi eredményei alapján

Spearman-féle korrelációs vizsgálat alapján a legerősebb negatív korreláció az NDVI értékek és a felvételezett fitotoxicitási értékek között volt, amely közepes erősségű korrelációnak minősült ($r = -0,603$, $p < 0,01$). A vizsgált változópárok közül az NDVI-értékek és a tisztított maghozam között jelentkezett a legerősebb pozitív irányú kapcsolat, ez azonban gyenge erősségű korrelációnak minősült ($r = 0,360$; $p < 0,01$). A fitotoxicitási értékek közepes erősségű, negatív irányú korrelációt mutattak a tisztított maghozammal ($p < 0,01$). (25. táblázat).

25. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei (Nyíregyháza, 2023 - pohánka)

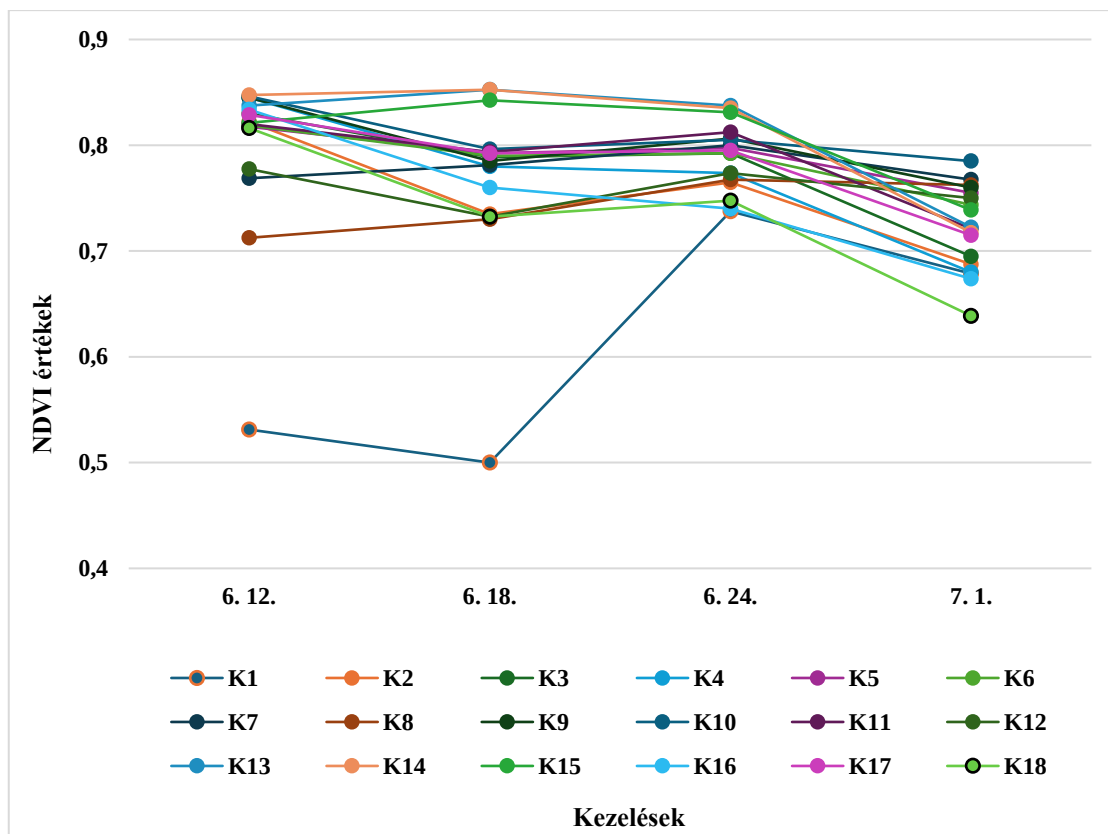
	NDVI értékek	Fitotoxicitási értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Tisztított maghozam
NDVI értékek	1,000	-0,603**	-0,158	0,360**
Fitotoxicitási értékek	-0,603**	1,000	0,116	-0,544**
Gyomnövény (db m ⁻²)	-0,158	0,116	1,000	-0,173
Tisztított maghozam	0,360**	-0,544**	-0,173	1,000

** A korreláció $p < 0,01$ szinten szignifikáns; * A korreláció $p < 0,05$ szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.3.2. Különböző gyomirtó szerek hatása a pohánka (*Fagopyrum esculentum* Moench.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben

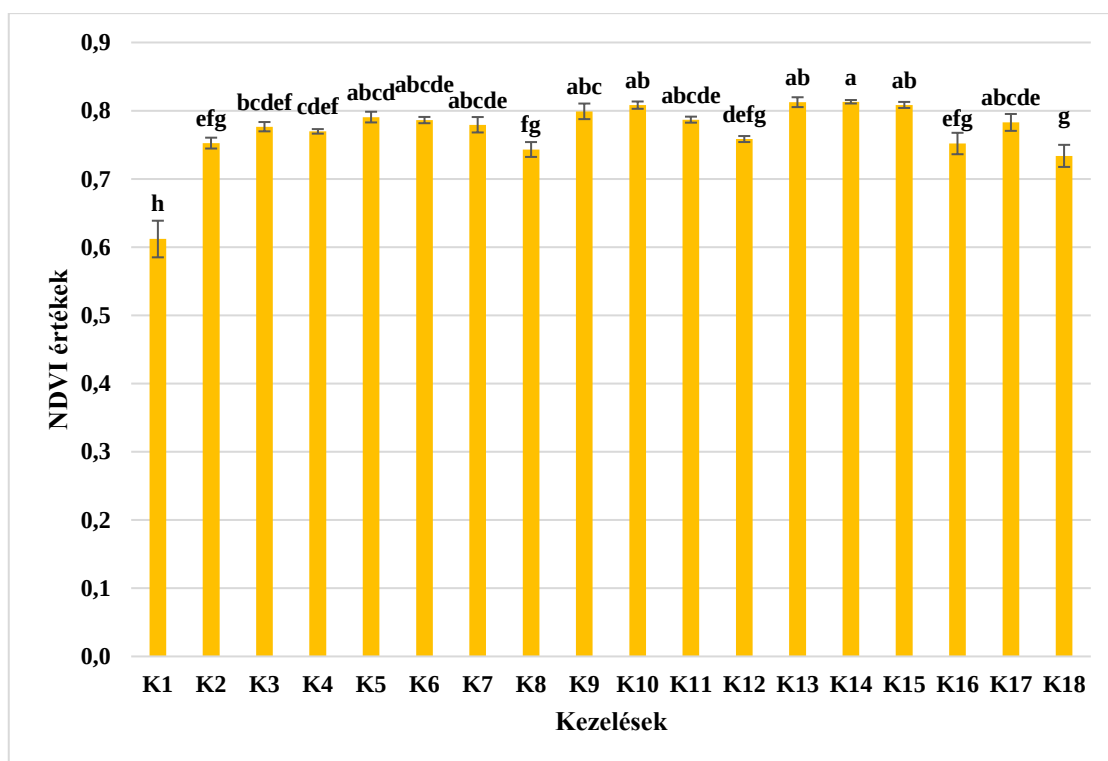
4.3.2.1 A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a pohánka esetén a 2024-es tenyészidőszakban

A fluorkloridon hatóanyaggal kezelt (K1) növények NDVI értékei jelentősen kisebbek voltak, mint a kontroll (K18) növények és más kezelt növények értékei, később az NDVI értékek növekedése a parcellákon lévő gyomnövények fejlődésének tulajdonítható. A várakozásokkal ellentétben a kezelt növények NDVI-értékei meghaladták a kontroll parcellákon mért értékeket (20. ábra).



20. ábra. A különböző hatóanyagokkal kezelt pohánka növények NDVI átlagértékeinek változása a tenyésztidőszak során (Nyíregyháza, 2024)

Az összes mérési eredmény átlagát nézve a legkisebb NDVI értéket a fluorklordin (K1) hatóanyaggal kezelt növényeknél mértük, ezen parcellák NDVI értéke tért el csak szignifikánsan negatív irányba a kontrolltól (K18). A 2,4-D (K3), klopíralid (K4), halauxifen-metil (K5, K6), halauxifen-metil + pikloram kisebb dózisa (K7), halauxifen-metil + klopíralid (K9, K10), metribuzin alacsonyabb dózisa (K11), szulfoszulfuron (K13, K14), tifenszulfuron-metil (K15), terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (K17) hatóanyagok alkalmazásának esetében a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb NDVI értékeket mértünk (21. ábra).

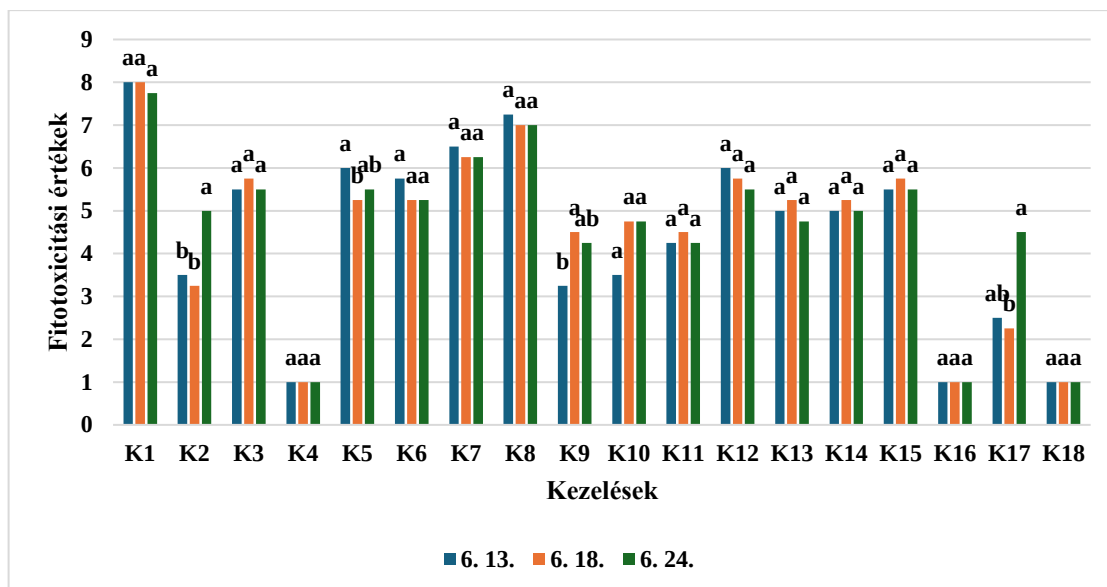


21. ábra. A pohánka NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására.

Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

4.3.2.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a pohánka esetén 2024-ben

A fluorkloridon hatóanyaggal kezelt (K1) növények esetében tartósan nagyon súlyos mértékű károsodást állapítottunk meg. Az S-metolaklór (K2) és a terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (K17) hatóanyagokkal kezelt növények esetében az utolsó felvételezési időpontban tapasztaltuk a legnagyobb fitotoxicitást, ami szignifikánsan meghaladta a második vizsgálati időpont esetében megfigyelt értéket. Szignifikáns különbségeket tapasztaltunk a halauxifen-metil (K5) kezelés esetében is, ahol a kezdetben erős fitotoxikus tünetek a későbbi időpontokban mérséklődtek. Ezzel szemben a halauxifen-metil + klopíralid (K9) kombinációnál a fitotoxicitás értékei az idő előrehaladtával jelentősen emelkedtek, vagyis a fitotoxikus tünetek egyre súlyosabbá váltak a vizsgálat során. A klopíralid (K4) és mezotrion (K16) hatóanyagokkal kezelt növények esetében nem dokumentáltunk fitotoxicitást (22. ábra).



22. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxicitási átlagértékeinek alakulása pohánkában. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

A 11. (A) képen a klopíralid (K4) hatóanyaggal kezelt parcella látható a virágzásban lévő állomány nagy mennyiségű zöldtömeget fejlesztett és fitotoxicitási tünetek nem tapasztalhatóak. A 11. (B) képen a halauxifen-metil + pikloram magasabb dóziséval kezelt (K8) parcella súlyosan károsodott, a növények megdőltek, magasságban és zöldtömegben is elmaradnak a klopíralid hatóanyaggal kezelt parcelláktól és a 11. (D) képen látható kontroll (K18) parcellától. Az 11. (C) képen a tifenszulfuron-metillel kezelt (K16) parcellán klorózis látható, illetve a megkésett virágzás az egészséges állományokhoz képest.



(A)



(B)



(C)



(D)

11. kép. (A): klopíraliddal kezelt parcella, (B): halauxifen-metil + pikloram 0,5 l ha⁻¹-ral kezelt parcella, (C): tífenszulfuron-metillel kezelt parcella (D): kontroll parcella. A fotódokumentáció 36 nappal a vetést követően készült (Nyíregyháza, 2024)

4.3.2.3 A gyomirtószer-kezelések által kiváltott fitotoxicitás és hatásuk a gyomnövényszámra és növekedési jellemzőkre a pohánka esetén a 2024-es tenyészidőszakban

A fluorkloridon (K1) nagyon súlyos károsodást okozott, fitotoxicitási értéke szignifikánsan meghaladta a többi kezelését. A kontrollhoz (K18) képest a klopíralid (K4) és a mezotrion (K16) nem okozott szignifikáns eltérést. A többi kezelés (K3, K5–K15, K17) különböző mértékben fitotoxikusnak bizonyult pohánkában, és szignifikánsan eltért a kontrolltól (26. táblázat).

Ebben az évben szignifikáns különbségeket mutattunk ki a gyomnövények számában, a legtöbb gyom a kontroll parcellákon (K18) fordult elő. A gyomnövényeket leghatékonyabban a K1, K2, K4–K12, K15 és K17 kezelések szorították vissza (26. táblázat). A K1 kezelés csökkentette legnagyobb mértékben a növénymagasságot, szignifikánsan elkülönülve a kontrolltól és a legtöbb kezeléstől. A K4, K9, K10, K16 és K17 kezelések nem okoztak szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest (26. táblázat).

26. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok hatása a gyomnövények darabszámára és a növény magasságra (Nyíregyháza, 2024)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Fitotoxicitási átlag érték	Gyomnövény (db m ⁻²)	Növénymagasság (cm)
Preemergens kezelések				
Fluorkloridon (K1)	2,0 l ha ⁻¹	7,9 ^a	2,0 ^{bc}	31,8 ^h
S-metolaklór (K2)	1,4 l ha ⁻¹	3,9 ^f	1,2 ^c	66,2 ^{cde}
Posztemergens kezelések				
2,4-D (K3)	1,0 l ha ⁻¹	5,6 ^d	6,0 ^{abc}	51,7 ^{fg}
Klopiralid (K4)	0,2 l ha ⁻¹	1,0 ^h	2,0 ^{bc}	78,4 ^{ab}
Halauxifen-metil (K5)	0,8 l ha ⁻¹	5,6 ^d	2,0 ^{bc}	59,1 ^{def}
Halauxifen-metil (K6)	1,0 l ha ⁻¹	5,4 ^d	1,2 ^c	68,4 ^{cd}
Halauxifen-metil + Pikloram (K7)	0,25 l ha ⁻¹	6,3 ^c	0,0 ^c	57,9 ^{ef}
Halauxifen-metil + Pikloram (K8)	0,5 l ha ⁻¹	7,1 ^b	1,2 ^c	44,2 ^g
Halauxifen-metil + Klopiralid (K9)	0,75 l ha ⁻¹	4,0 ^f	1,2 ^c	81,3 ^{ab}
Halauxifen-metil + Klopiralid (K10)	1,0 l ha ⁻¹	4,3 ^{ef}	0,0 ^c	74,7 ^{abc}
Metribuzin (K11)	0,3 l ha ⁻¹	4,3 ^{ef}	4,0 ^{bc}	58,8 ^{def}
Metribuzin (K12)	0,4 l ha ⁻¹	5,8 ^{cd}	2,0 ^{bc}	54,5 ^f
Szulfoszulfuron (K13)	8,0 g ha ⁻¹	5,0 ^{de}	8,0 ^{ab}	55,3 ^f
Szulfoszulfuron (K14)	10, g ha ⁻¹	5,1 ^d	6,0 ^{abc}	53,0 ^{fg}
Tifenszulfuron- metil (K15)	15,0 g ha ⁻¹	5,6 ^d	3,2 ^{bc}	49,1 ^{fg}
Mezotrion (K16)	0,25 l ha ⁻¹	1,0 ^h	8,0 ^{ab}	82,3 ^a
Terbutilazin + Mezotrion + S- metolaklór (K17)	4,0 l ha ⁻¹	3,1 ^g	5,2 ^{bc}	71,6 ^{bc}
Kontroll (K18)	-	1,0 ^h	11,2 ^a	80,8 ^{ab}

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

A flurokloridonnal (K1), a 2,4-D-vel (K3), a halauxifen-metil különböző dózisaival (K5, K6), valamint a halauxifen-metil + pikloram kombináció eltérő dózisaival (K7, K8) kezelt növények magtermése szignifikánsan alacsonyabb volt a kontroll parcellákon (K18) mért értékekhez képest. Ez arra utal, hogy ezek a kezelések nemcsak a növények fejlődésére gyakoroltak kedvezőtlen hatást, hanem a termésképződést is jelentősen csökkentették. A vizsgált kezelések közül a legmagasabb magtermést a kisebb dózisú metribuzinnal kezelt parcellákon (K11) mértük, amely kedvezőbb terméseredményt mutatott a többi kezeléshez viszonyítva (27. táblázat).

A szulfoszulfuron magasabb dóziséval kezelt (K14) parcellákról származó ezermagtömeg volt a legkevesebb, amivel szignifikánsan különbözött a kontroll (K18) növényekről származó ezermagtömegtől. A többi kezelés parcelláiról származó magok ezermagtömege nem különbözött szignifikánsan a kontrolltól (27. táblázat).

A halauxifen-metil + pikloram magasabb dóziséval kezelt parcelláról (K8) származó termés esetében mértük a legnagyobb termésszennyezettséget, amely elérte az 54,5%-ot. Ez az érték jelentősen meghaladta a vizsgált kezelések átlagát, ami arra utal, hogy ebben a kezelésben a betakarított termés tisztasága kedvezőtlenebbül alakult. A legalacsonyabb termésszennyezettség a kontroll parcellák esetében volt megfigyelhető, ahol a szennyezettség mértéke 27,5% volt. A kezelések átlagát tekintve a termésszennyezettség 41%-nak bizonyult, ami összességében viszonylag magas idegenanyag-tartalomra utal a vizsgált állományban (27. táblázat).

27. táblázat. A különböző gyomirtószer-hatóanyagok hatása a tisztított maghozamra, a termés szennyezettségére és az ezermagtömegre (Nyíregyháza, 2024)

Kezelés (Kód)	Kijutatott mennyiség	Tisztított maghozam (kg ha ⁻¹)	Termésszennyezettség (%)	Ezermagtömeg (g)
Preemergens kezelések				
Fluorkloridon (K1)	2,0 l ha ⁻¹	80 ^{cd}	43,6	18,6 ^{ab}
S-metolaklór (K2)	1,4 l ha ⁻¹	101 ^{abcd}	47,9	20,1 ^a
Posztemergens kezelések				
2,4-D (K3)	1,0 l ha ⁻¹	61 ^{cd}	51,6	19,0 ^{ab}
Klopiralid (K4)	0,2 l ha ⁻¹	106 ^{abcd}	36,6	18,7 ^{ab}
Halauxifen-metil (K5)	0,8 l ha ⁻¹	79 ^{cd}	47,3	19,2 ^a
Halauxifen-metil (K6)	1,0 l ha ⁻¹	63 ^{cd}	44,2	18,6 ^{ab}
Halauxifen-metil +Pikloram (K7)	0,25 l ha ⁻¹	61 ^{cd}	50,8	19,3 ^a
Halauxifen-metil + Pikloram (K8)	0,5 l ha ⁻¹	36 ^d	54,5	19,9 ^a
Halauxifen-metil + Klopiralid (K9)	0,75 l ha ⁻¹	99 ^{abcd}	46,6	19,4 ^a
Halauxifen-metil + Klopiralid (K10)	1,0 l ha ⁻¹	94 ^{bcd}	42,9	18,5 ^{ab}
Metribuzin (K11)	0,3 l ha ⁻¹	169 ^a	31,2	18,5 ^{ab}
Metribuzin (K12)	0,4 l ha ⁻¹	115 ^{abc}	30,5	19,8 ^a
Szulfoszulfuron (K13)	8,0 g ha ⁻¹	115 ^{abc}	41,0	18,4 ^{ab}
Szulfoszulfuron (K14)	10,0 g ha ⁻¹	115 ^{abc}	46,8	17,1 ^b
Tifenszulfuron- metil (K15)	15 g ha ⁻¹	117 ^{abc}	39,1	18,4 ^{ab}
Mezotrion (K16)	0,25 l ha ⁻¹	123 ^{abc}	32,1	19,5 ^a
Terbutilazin + Mezotrion + S- metolaklór (K17)	4,0 l ha ⁻¹	89 ^{bcd}	31,1	20,0 ^a
Kontroll (K18)	-	155 ^{ab}	27,5	19,8 ^a

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

4.3.2.4 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a pohánka gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján

A fitotoxicitás és a gyomnövények száma között $p < 0,05$ -ös szinten gyenge erősségű negatív volt a korreláció, ami azt jelzi, hogy a pohánkára fitotoxikus kezelések a gyomnövényeket is visszaszorították. A vizsgált változópárok közül a fitotoxicitási értékek és a pohánka növénymagassága között jelentkezett a legerősebb negatív irányú kapcsolat, amely erős korrelációnak minősült ($r = -0,785$; $p < 0,01$). Szintén negatív közepes erősségű volt a korreláció a fitotoxicitás és a tisztított maghozam között $p < 0,01$ -es szinten. A gyomnövények száma és a tisztított maghozam közötti pozitív gyenge erősségű korreláció ($p < 0,01$) meglehetősen lehet, mivel egy felvételezési időpont volt és csekély számban fordultak elő gyomnövények a területen. A gyomnövények száma és az ezermagtömeg között $p < 0,05$ -ös szinten volt negatív gyenge erősségű a korreláció (28. táblázat).

28. táblázat. Spearman rho' alapján a két szinten mért korrelációs teszt eredményei (Nyíregyháza, 2024 - pohánka)

	NDVI értékek	Fitotoxicitás értékek	Gyomnövény (db m ⁻²)	Növény magasság	Tisztított maghozam	Ezermagtömeg
NDVI értékek	1,000	-0,108	0,028	0,012	0,087	-0,189
Fitotoxicitás értékek	-0,108	1,000	0,259*	-0,768**	-0,416**	-0,146
Gyomnövény (db m ⁻²)	0,028	-0,259*	1,000	0,018	0,389**	-0,245*
Növény magasság	0,012	-0,768**	0,018	1,000	0,209	0,209
Tisztított maghozam	0,087	-0,416**	0,389**	0,209	1,000	-0,136
Ezermagtömeg	-0,189	-0,146	0,245*	0,209	-0,136	1,000

** A korreláció $p < 0,01$ szinten szignifikáns; * A korreláció $p < 0,05$ szinten szignifikáns. A cellák színe (zöld: pozitív a korreláció, piros negatív a korreláció) jelöli a korreláció irányát, valamint az erősségét. A sötétebb árnyalat az erősebb korrelációra utal

4.3.3. *Pohánka gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (2023–2025), a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva*

A pohánka 2023-2025. évi szántóföldi kisparcellás kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményeit, a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva, az 3. melléklet foglalja össze. A klopíralid hatóanyaggal kezelt növények NDVI fitotoxicitás és maghozam értékei egyik évben sem tértek el szignifikánsa negatív irányban a kontroll növények értékétől. A mezotrion hatóanyaggal kezelt növények esetében kizárólag a 2023-as évben dokumentáltunk határozott fitotoxikus tüneteket, míg a vizsgált tenyészidőszakokban a mért paraméterekben nem mutatkoztak a kontrollhoz képest szignifikánsan eltérések. A halauxifen-metil + klopíralid különböző dózisaival kezelt növények 2024 és 2025-ben különböző mértékben fitotoxicitás jeleit mutatták. A metribuzin alacsonyabb dózisa csak 2024-ben idézett elő egyértelmű fitotoxikus tüneteket, míg a magasabb dózis két tenyészidőszakban is különböző mértékű (enyhétől az erősig terjedő) károsodást okozott.

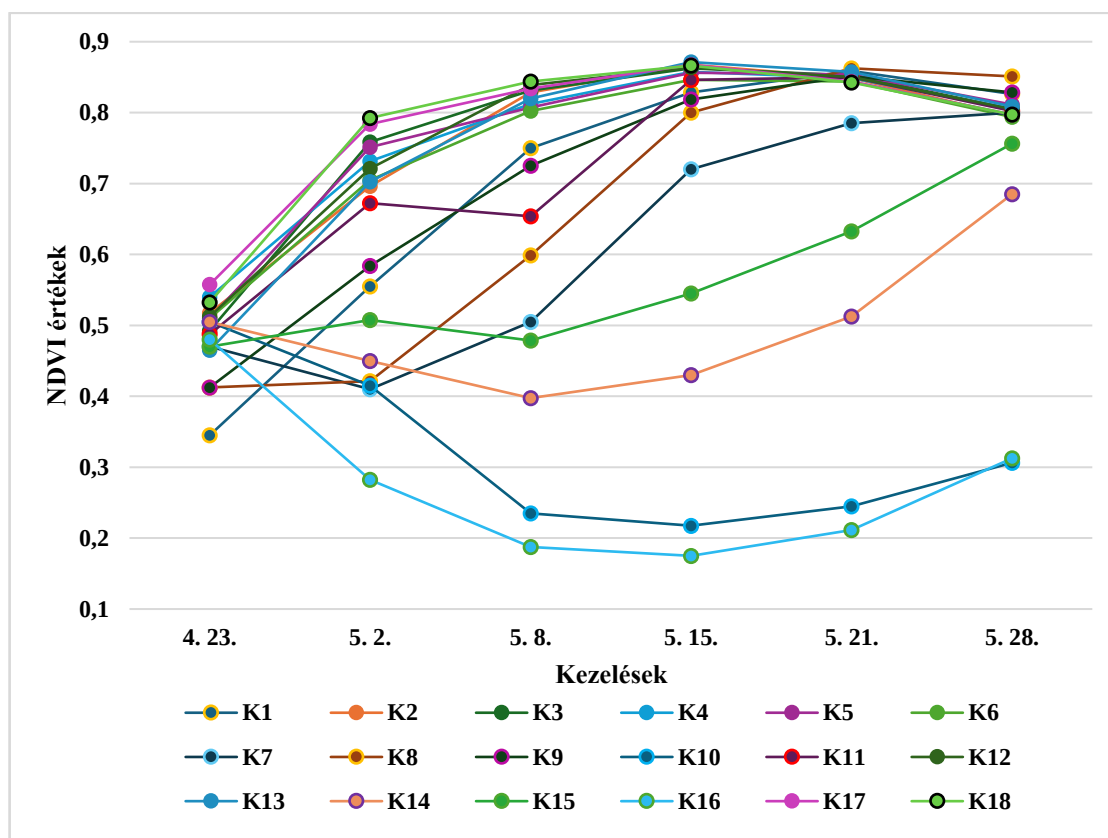
4.4. A szöszös bükkönyben (*Vicia villosa* Roth.) végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatása

4.4.1. *Különböző gyomirtó szerek hatása a szöszös bükköny (*Vicia villosa* Roth.) fejlődésére és termésére a 2024-es évben*

4.4.1.1 *A gyomirtó szerek hatása az NDVI értékekre a szöszös bükköny esetén a 2024-es tenyészidőszakban*

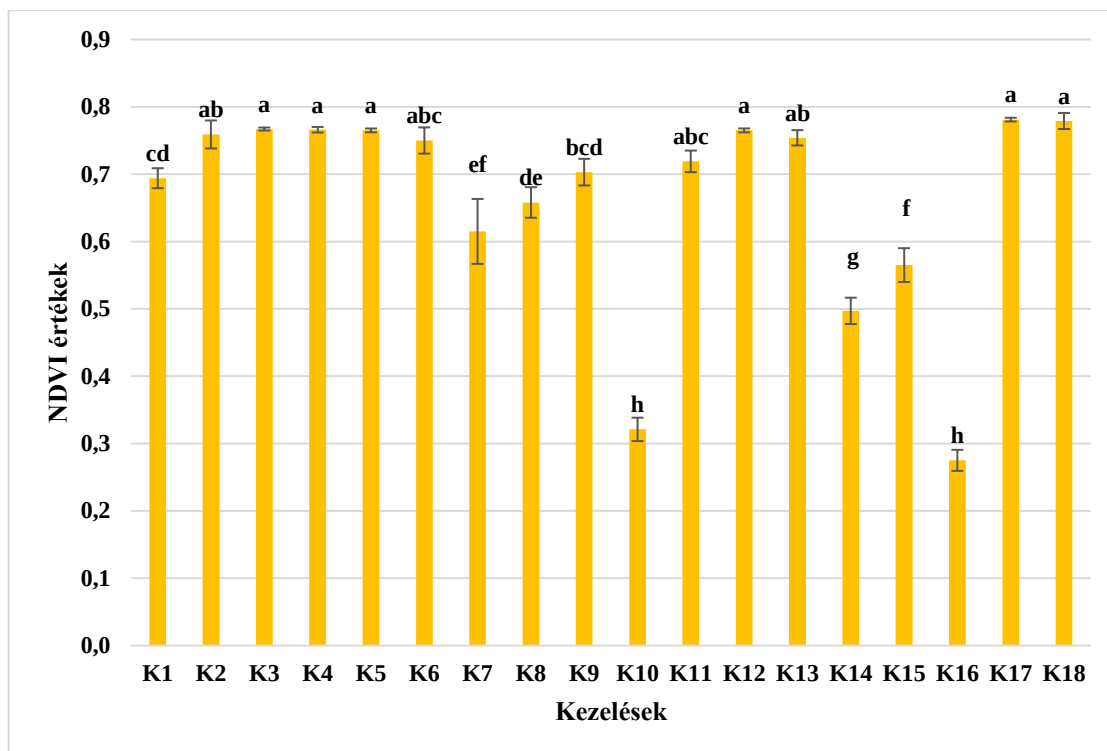
A posztemergensen alkalmazott klopíralid + pikloram (K10), halauxifen-metil (K14, K15), valamint halauxifen-metil + klopíralid kezelések (K16) hasonló trendet követtek, kezdetben jelentős csökkenést, majd a tenyészidőszak második felében különböző mértékű növekedést mutattak. Ezen parcellák NDVI értékei különböző mértékben elmaradtak a kontroll (K18) és a többi kezelés értékeitől. A posztemergensen flumioxazinnal kezelt növények (K7, K8) kezdetben szintén jelentősen alacsonyabb NDVI-értékeket mutattak, azonban az értékek május hónaptól kezdődően a tenyészidőszak során fokozatosan növekedtek, és a megfigyelések végére megközelítették a kontroll (K18) növények értékeit. A preemergensen alkalmazott flumioxazin (K1), és a posztemergensen kijuttatott klórtoluron (K9), valamint az alacsonyabb dózisú metazaklór + quinmerak (K11) hatóanyagokkal kezelt növények

NDVI értékei az első három mérés során enyhén elmaradtak a kontroll növények (K18) értékeitől, azonban a megfigyelési időszak második felére közel azonosak voltak (23. ábra).



23. ábra. A különböző hatóanyagokkal kezelt szöszös bükköny növények NDVI átlagértékeinek változása a tenyészidőszak során (Nyíregyháza, 2024)

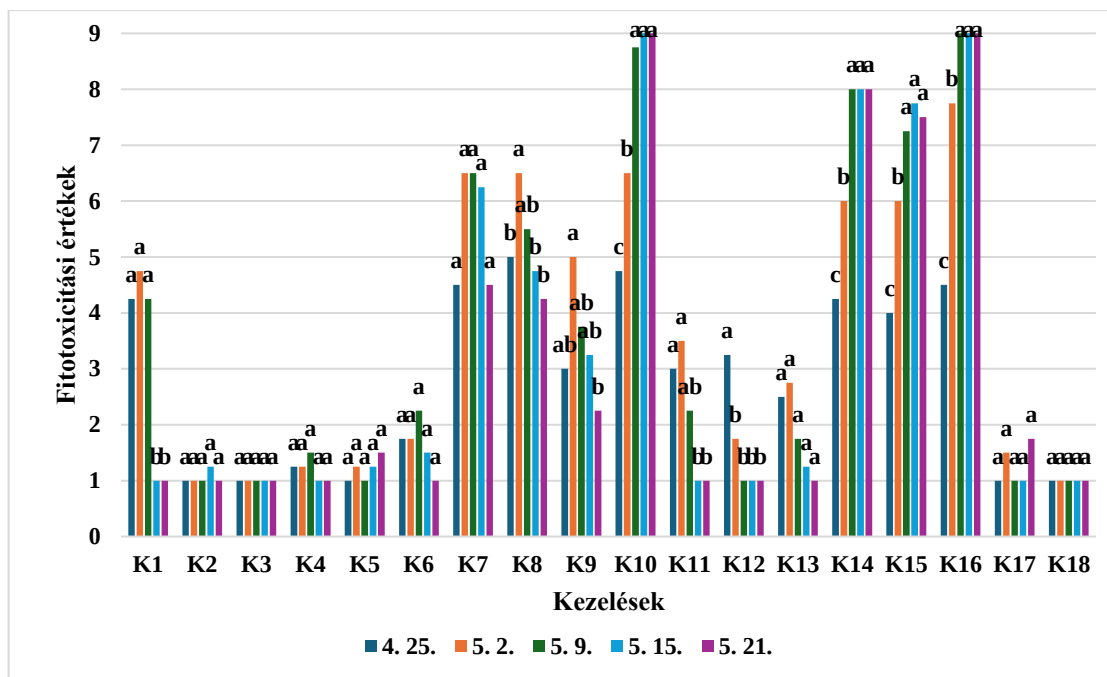
Az mérések átlagában a legalacsonyabb NDVI értékeket a klopíralid + pikloram (K10) és a halauxifen-metil + klopíralid (K16) hatóanyag-kombinációkkal kezelt parcellák növényeinél mértük. Alacsony értékeikkel szignifikánsan alulmúlták a többi kezelést és a kontroll (K18) növények értékeit. A posztemergens kezelések közül a flumioxazin különböző dózisa (K7, K8), a klórtoluron (K9), és a halauxifen-metil különböző dózisa (K14, K15) alkalmazása negatívan hatott a növényekre és NDVI eredményeik szignifikánsan eltértek a kontroll növényekétől. A preemergens kezelések közül csak a pendimetalin (K1) hatóanyaggal kezelt parcellák NDVI értéke volt szignifikánsan kisebb, mint a kontroll parcelláké (24. ábra).



24. ábra. A szőszös bükköny NDVI átlagértékei különböző gyomirtószer-kezelések hatására. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibasávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan-teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

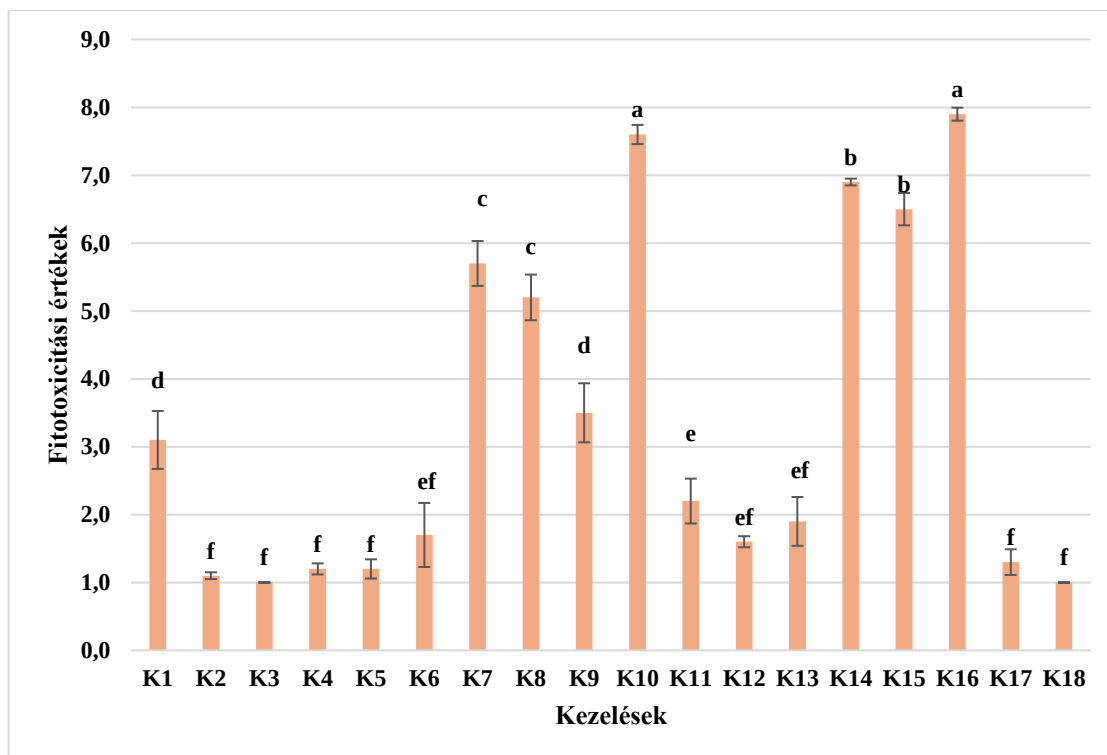
4.4.1.2 A gyomirtó kezelések fitotoxicitása a szőszös bükköny esetén 2024-ben

A klopíralid + pikloram (K10), a halauxifen-metil (K14, K15), valamint a halauxifen-metil + klopíralid (K16) kezelések által okozott fitotoxicitás a tenyésztődőszak során statisztikailag kimutathatóan erősödött. A flumioxazin posztemergens kijuttatása (K7, K8) erős tüneteket okozott, amelyek később enyhültek ugyan, de a vegetáció végén is határozottan elkülönültek az egészséges állományoktól. A pendimetalin (K1) és a klorotoluron (K9) kezeléseknél a legsúlyosabb tüneteket május 2-án dokumentáltuk, de mindkét kezelésnél jelentős regeneráció történt. A metazaklór + quinmerak (K11, K12) kezdetben enyhe fitotoxicitást okozott, amelyből a növények teljesen regenerálódtak. A többi kezelésben nem volt kimutatható fitotoxicitás (25. ábra).



25. ábra. A különböző időpontokban megfigyelt kezelések fitotoxiciási átlagértékeinek alakulása szöszös bükkönyben. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan-teszt alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

A többszöri felvételezés eredményeinek átlagában a klopíralid + pikloram (K10) és a halauxifen-metil + klopíralid (K16) kezelések nagyon súlyos károsodást okoztak a szöszös bükköny növény állományokban, fitotoxiciási értékeik szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a többi kezelésé és a kontroll (K18) parcelláké. Szignifikáns mértékű fitotixicitást eredményezett a kelés után kijuttatott flumioxazin (K7, K8), klórtoluron (K9), a metazaklór + quinmerak kisebb dózisa (K11), és a halauxifen-metil (K14, K15) kezelés. Preemergens kezelések közül csak a pendimetalin (K1) hatóanyagokkal kezelt növények fitotoxiciási pontszáma volt jelentősen nagyobb, mint a kontroll parcelláké (26. ábra).



26. ábra. A vizuálisan felvételezett fitotoxiciitási eredmények átlagértékének alakulása szöszös bükkönyben. Az ábrán a standard hibák értékeit pozitív és negatív irányú hibaszávok jelölik. A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan alapján ($p < 0,05$) (Nyíregyháza, 2024)

A 12. (A) képen a flumioxazin kisebb dóziséval (K2) kezelt parcella látható, ez a kezelés nem hatott negatívan a szöszös bükköny fejlődésére. A 12. (B) képen a klopíralid + pikloram (K10) kezelés erős klorózt okozott a növényeken, továbbá magasságban nagymértékben elmaradnak a képen látható növények az egészségestől. Később nekrosis következett be ezeken a parcellákon. A 12. (C) és (D) képen a metazaklór + quinmerak (K11, K12) kezelések hatásai láthatók. Érdekes módon az alacsonyabb dózis alkalmazása eredményezte az alacsonyabb és ritkább állományt. A tenyészidőszak előrehaladtával a tünetek teljesen megszűntek.



(A)



(B)



(C)



(D)

12. kép. (A): preemergensen flumioxazin 0,06 kg ha⁻¹-ral kezelt parcella, (B): klopíralid + pikloram hatóanyagokkal kezelt parcella, (C): metazaklór + quinmerak 2 l ha⁻¹-ral kezelt parcella (D): metazaklór + quinmerak 2,25 l ha⁻¹-ral kezelt parcella. A fotódokumentáció 59 nappal a szöszös bükköny vetését követően készült (Nyíregyháza, 2024)

4.4.1.3 A mért mutatók korrelációs mátrixának vizsgálati eredményei a szöszös bükköny gyomirtási kísérletek 2024. évi eredményei alapján

Az NDVI értékek és a fitotoxicitási értékek között erős negatív kapcsolatot állapítottunk meg a Spearman féle korreláció alapján ($r = -0,898$, $p < 0,01$).

4.4.2. Szöszös bükköny gyomirtási kísérleteinek NDVI és fitotoxicitási eredményei a 2024-2025 kísérleti években

A szöszös bükköny 2024–2025. évi szántóföldi kisparcellás kísérleteinek NDVI és fitotoxicitási eredményeit, a záróévben válogatott hatóanyagokra fókuszálva, az 4. melléklet foglalja össze. A pendimetalinnal kezelt növények fitotoxicitási értékei mindkét évben magasabbak voltak a kontrollénál, ami erősebb fitotoxikus hatásra utal. 2024-ben enyhe, míg 2025-ben nagyon súlyos tüneteket okoztak, amelyek az NDVI értékekből is

tükröződnek. A flumioxazin kisebb dózisban ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$) fitotoxicitási értékekben nem tért el a kontroll értékétől. A klomazon hatóanyaggal kezelt növények 2024-ben nem mutattak fitotoxikus tüneteket, azonban 2025-ben súlyos károsodást észleltünk, ami az NDVI értékekben is megfigyelhető volt. A metribuzin alacsonyabb dóziséval ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$) kezelt növények a vizsgált két évben magasabb NDVI értékeket és alacsonyabb fitotoxicitási értékeket mutattak, mint a magasabb dózissal ($0,4 \text{ l ha}^{-1}$) kezelt növények. 2025-ben bevonásra került a diflufenikán hatóanyag, a kezelt növények NDVI és fitotoxicitási értékekben nem különböztek a kontrolltól.

A flumioxazin hatóanyag posztemergens alkalmazása különböző dózisokban ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$, $0,08 \text{ kg ha}^{-1}$) mindkét évben károsodást okozott a kezelt növényekben. A klórtoluronnal kezelt növények NDVI-értékei csökkenést mutattak a kontrollhoz képest, ami a fitotoxicitási értékekben is tükröződött. A klopíralid + pikloram kombináció 2024-ben súlyos károsodást okozott 2025-ben nem juttattuk ki a hatóanyagot. A metazaklór + quinmerak kombinációval (2 és $2,25 \text{ l ha}^{-1}$ dózisban) kezelt növények fitotoxicitási értékei nem különböztek a kontrollétól, mivel a kezelés csupán igen enyhe tüneteket idézett elő. 2024-ben az imazamox hatóanyaggal kezelt növények NDVI és fitotoxicitási értékei nem tértek el a kontrolltól. 2025-ben alacsonyabb NDVI értékeket mértünk, valamint fitotoxicitási pontszámokban is jelentősen meghaladták a kezelt növények a kezeletlen kontroll értékeit. A halauxifen-metillel kezelt ($0,5 \text{ l ha}^{-1}$, $0,6 \text{ l ha}^{-1}$) növények mindkét évben jelentős fitotoxicitást mutattak, NDVI-értékeik pedig alacsonyabbak voltak a kontroll növényekéhez képest. A bentazon alkalmazása nem eredményezett statisztikailag igazolható különbséget sem az NDVI-, sem a fitotoxicitási értékekben a kontroll növényekhez viszonyítva. A diflufenikán posztemergens kezelése enyhe tüneteket okozott, de ezek nem jelentettek szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az Európai Unióban a zöld mezőgazdaság a fenntartható élelmiszertermelés és a környezetvédelem összehangolását tűzi ki célul. Magyarországon a zöldítés többek között a talajvédelem, a biológiai sokféleség megőrzése és a környezetbarát gazdálkodási gyakorlatok elterjesztését jelenti, melyeknek célja a mezőgazdaság ökológiai lábnyomának csökkentése és az agrártermelés hosszú távú fenntarthatósága. A zöldítés konkrét intézkedései között szerepelnek a vetésforgó alkalmazása, a zöldtrágyázás, a gyepterületek fenntartása és a tájgazdálkodási elemek beépítése. A fehérvirágú csillagfürt (*Lupinus albus* L.), a tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.), a szöszös bükköny (*Vicia villosa* Roth.) és a pohánka (hajdina) (*Fagopyrum esculentum* Moench.), mind-mind értékes növények lehetnek a zöldítésben.

Kísérleteink célja az említett kultúrák gyomszabályozási lehetőségeinek értékelése volt, különös tekintettel a gyomirtó szeres kezelések szelektivitására, fitotoxikus hatására és termésre gyakorolt hatására.

A fehérvirágú csillagfürt, tavaszi bükköny, szöszös bükköny és pohánka kultúrákban végzett *preemergens* (vetés utáni kelés előtti) és *posztemergens* (kelés utáni) szelektivitási vizsgálatok célja a biztonságos vetőmagtermesztés érdekében alkalmazható hatóanyagok kiválasztása volt. A nemzetközi és a hazai szakirodalomban kevés forrásmunkát találni az említett kultúrák gyomirtó szeres vizsgálati módszereinek kidolgozásáról. A gyomnövények versengenek a tápanyagokért és a vízért, gyors növekedésüket követően beárnyékolják a területet, részt vesznek a kórokozók és kártevők terjesztésében, nehezíthetik a betakarítást ebből kifolyólag a termés minőségének romlásához vezethetnek. A magas minőségű vetőmagtermesztésben kiemelt fontosságú a gyomirtás. A növények állapotának komplex értékelése érdekében normalizált differenciál vegetációs indexet (NDVI) adatokat mértünk, bonitálási vizsgálatokat végeztünk, a gyomnövények darabszámát felvételeztük és a termés szennyezettségét dokumentáltuk. Az összegyűjtött adatok alapján átfogó értékelést készítettünk.

A DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetben beállított szántóföldi kisparcellás kísérletek alapján a **fehérvirágú csillagfürtben** a *preemergens* hatóanyagok közül a következő dózisokban biztonságosan alkalmazhatók voltak az alábbiak: a flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), pendimetalin ($5,0 \text{ l ha}^{-1}$; 455 g l^{-1}), dimetenamid-P ($1,4 \text{ l ha}^{-1}$; 720 g l^{-1}), petoxamid ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}), klomazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}) és

metobromuron ($3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}) hatóanyag. Kousta et al. (2024) kutatásában a flumioxazin $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$, valamint a pendimetalin + klomazon kombináció $1,5 \text{ l ha}^{-1}$ kijuttatási mennyiségben sem okozott fitotoxicitást. Továbbá a pendimetalin fehérvirágú csillagfűrtben való biztonságos alkalmazhatóságát több korábbi kutatás is alátámasztja (Penner et al., 1993; Knott, 1996; Dewitte et al., 2006). Ezt a megállapítást három év NDVI, fitoxicitás és maghozam eredményei támasztják alá. A különböző hatásmechanizmusú hatóanyagok, azonban eltérő hatékonysággal alkalmazhatók a különböző gyomnövények ellen. Eredményeink hozzájárulnak a fehérvirágú csillagfűrt esetében alkalmazható, a gyakorlatokban felhasználható hatóanyagok bővítéséhez. Két év kísérleti eredményei alapján a diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}) hatóanyag alkalmazhatósága pozitív, további tesztelés javasolható. Kétéves vizsgálatok eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a metribuzin ($0,55 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}) hatóanyag nem alkalmazható biztonságosan a kultúrában.

A **fehérvirágú csillagfűrtben posztemergens** kezelések közül halauxifen-metil legkisebb dózisa ($0,4 \text{ l ha}^{-1}$; 3 g l^{-1}), és a szulfoszulfuron kisebb dózisa ($13,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}) és a diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}) további tesztelésre javasolt, ezt elsősorban a több év maghozam eredményeire alapozzuk, mivel az említett hatóanyagokkal kezelt növények maghozama egyik évben sem tért el szignifikáns mértékben a kontroll növények maghozamától. A 2025-ös eredményekkel kiegészülve a flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), klórtoluron ($2,8 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}) és a karfentrazon-etil (35 g ha^{-1} ; 400 g kg^{-1}) posztemergens alkalmazása nem tekinthető biztonságosnak. 2023-ban a posztemergensen kijuttatott flumioxazinnal és klórtoluronnal kezelt növények átlag NDVI értékei szignifikánsan alulmúlták a kontroll növények értékét. Továbbá 2023-ban az említett hatóanyagok (flumioxazin, klórtoluron, karfentrazon-etil) egyértelmű tüneteket és károsodást okoztak. Többéves növényvédelmi kísérleteink NDVI adatai, valamint kapott maghozam mennyiségek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az imazamox ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$; 40 g l^{-1}), halauxifen-metil + pikloram ($0,25, 0,5 \text{ l ha}^{-1}$; $10, 48 \text{ g l}^{-1}$), proszulfokarb ($2,5 \text{ l ha}^{-1}$; 800 g l^{-1}) és szulfoszulfuron ($17,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}) magasabb dózisának alkalmazása fitotoxicitást eredményez a fehérvirágú csillagfűrtben, ebből kifolyólag az említett hatóanyagok nem alkalmazhatóak a kultúrában. Ezzel szemben más kutatásban az imazamox ($1,25 \text{ l ha}^{-1}$) alkalmazása nem károsította a növényeket, sőt egy tenyészidőszakban még nagyobb száraz biomasszatömeg-növekedést is eredményezett a kezelés (Kousta et al., 2024).

A tavaszi bükkönyben három év eredménye alapján *preemergensen* a flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}) hatóanyag alkalmazása biztonságosnak bizonyult. A 2022-es évben minden vizsgált mutatóban (NDVI, fitotoxicitás, maghozam) a legkiemelkedőbb hatóanyag volt. Vasilakoglou et al. (2013) vizsgálatában szintén a flumioxazinnal ($0,07 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$, $0,11 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$) kezelt növények magasabb maghozamot értek el a kezeletlen állományhoz képest. A hatóanyagot 2024 és 2025-ben is biztonsággal alkalmaztuk, amit a növények fejlődésére vonatkozó mérési eredmények is alátámasztanak. Az S-metolaklórral ($1,4 \text{ l ha}^{-1}$; 960 g l^{-1}) (a kísérlet beállítása után kivonásra került) kezelt növények NDVI értéke 2022-ben és 2024-ben sem tért el a kontroll növények értékétől. A hatóanyag a 2022-es aszályos évben fitotoxikus hatást fejtett ki szignifikáns mértékben. A maghozam tekintetében is negatív hatással (nem szignifikáns mértékben) voltak a növényekre. A 2024-es évben azonban az alkalmazott fitotoxicitás skála értékek alapján az S-metolaklór nem volt fitotoxikus. A kloromazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}) két éves NDVI és fitotoxicitás adatai biztatóak voltak. A hatóanyag további vizsgálata javasolt. A metribuzin ($0,55 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}) 2024-ben ugyan enyhe tüneteket okozott, amelyek szignifikánsan eltértek a kontrolltól, azonban az NDVI értékek és a növényt magasság nem mutattak lényeges különbséget a kontroll parcellákhoz képest. 2025-ben a vizsgált paraméterekben már nem volt kimutatható eltérés. Az említett hatóanyag további vizsgálata mindezek alapján indokolt. A pendimetalin ($5,0 \text{ l ha}^{-1}$; 455 g l^{-1}) minden vizsgált évben fitotoxikus tüneteket idézett elő, így a többi *preemergens* kezeléshez képest nagyobb kockázatot jelentett, ezért alkalmazásának folytatása nem indokolt. Hatása különböző évjáratokban eltérő lehet, amit Vasilakoglou et al. (2013) eredményei is alátámasztanak. A *posztemergens* kezelések közül az eredmények összessége alapján a metazaklór + quinmerak ($2,0$ és $2,25 \text{ l ha}^{-1}$; $333, 83 \text{ g l}^{-1}$) hatóanyag további szabadföldi tesztelése indokolt, eltérő adottságú területeken. Bár 2023-ban fitotoxicitási tünetek jelentkeztek, ebben az évben a kezelt parcellák maghozama meghaladta a kontrollét, míg a későbbi tenyészidőszakokban fitotoxicitás már nem volt tapasztalható. A flumioxazin ($0,06$ és $0,08 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}) és a klórtoluron ($2,8$ és $3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}) hatása a tavaszi bükkönyben kiszámíthatatlannak bizonyult, a 2025-ös eredmények alapján pedig akár erős fitotoxicitást is előidézhethetnek. Mindezek alapján gyakorlati alkalmazásuk a jövőben nem tekinthető reálisnak. A bentazon ($1,5$ és $2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}) hatóanyaggal kezelt parcellákról származott a legmagasabb maghozam a 2023-as tenyészidőszakban, azonban három tenyészidőszak eredményei alapján megállapítható, hogy a hatóanyag enyhe és erős fitotoxicitást is okozhat a tavaszi

bükkönyben, továbbá mindhárom tenyészidőszakban a kezelt növények NDVI értéke alulmúlta (2024-ben szignifikánsan) a kontroll növényekét. Véleményünk szerint a tenyészidőszakra jellemző időjárási tényezők nagymértékben befolyásolják a hatását így biztonsággal nem alkalmazható a kultúrában. A klopíralid + pikloram ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$; $267, 67 \text{ g l}^{-1}$), MCPB ($2,0, 3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 400 g l^{-1}), szulfoszulfuron ($10,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}), trifluszulfuron-metil ($20,0 \text{ g ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), tifenszulfuron-metil ($15,0 \text{ g ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}) és az imazamox ($0,6, 0,8, 1,0, 1,2 \text{ l ha}^{-1}$; 40 g l^{-1}) hatóanyagok jelentős károsodást okoznak a tavaszi bükkönyben, amely az NDVI és terméseredményekben is tükröződik, így további tesztelésük nem javallott.

A **pohánkában** két hatóanyagot teszteltünk két éven keresztül *preemergensen*. Az S-metolaklór ($1,4 \text{ l ha}^{-1}$; 960 g l^{-1}) két tenyészidőszakban NDVI értékekben felül múlta (nem szignifikánsan) a kontroll növények értékét. A hatóanyag alkalmazása 2023-ban enyhe 2024-ben határozott fitotoxicitást mutatott. A hatóanyag a kísérlet beállítása után kivonásra került hazánkban, a tesztelésből származó eredmények hasznos alapot képezhetnek a nemzetközi irodalmi bázis számára. Friesen és Campbell (1986) vizsgálataiban a fluorkloridon ($0,5 \text{ kg hatóanyag ha}^{-1}$) *preemergens* alkalmazásban kezdetben 14%-os, majd a későbbi felvételezések során mindössze 5%-os károsodást okozott. Ezzel szemben a fluorkloridon ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 250 g l^{-1}) hatóanyag vizsgálatunkban 2024-ben nagyon súlyos károsodást okozott, ezt az NDVI értékek is megerősítették. A fluorkloridonnal kezelt parcellákról származó maghozam mindkét évben tendencia jelleggel alulmúlta a kontroll parcellákról származó magmennyiséget. További tesztelésre nem javasolt a hatóanyag.

A klopíralid ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}) *posztemergens* kijuttatása a pohánkában három év vizsgálatai alapján nem okozott számottevő fitotoxikus tüneteket, a kezelt és a kontroll állományok fitotoxicitási pontszámai között nem mutatkozott különbség. A maghozam eredmények azonban évenként változó tendenciát jeleztek 2023-ban és 2024-ben a kezelt parcellák hozama statisztikailag nem igazolható mértékben elmaradt a kontrollétól, míg 2025-ben meghaladta azt. Ez arra utal, hogy a készítmény alkalmazása nem jelent közvetlen kockázatot a fitotoxicitás szempontjából, ugyanakkor a terméseredmények ingadozása miatt további vizsgálatok szükségesek a termesztéstechnológiába való biztonságos beillesztéshez. A mezotrion ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 100 g l^{-1}) kezelések a 2023-as tenyészidőszakban határozott tüneteket okoztak. 2024-ben nem észleltünk tüneteket kezelt a növényeken, továbbá 2025-ben is csak nagyon enyhe tüneteket figyeltünk meg. A mezotrionnal kezelt parcellákról származó magmennyiségek három tenyészidőszak

eredményeiben tendencia jelleggel alulmúlták a kontroll parcellákról származó mennyiségeket. Az eredmények egészét tekintve a hatóanyag további tesztelésre érdemes. A metribuzin (0,3, 1 ha⁻¹; 600 g l⁻¹) hatóanyag esetében csak a kisebb dózis további tesztelése indokolt. 2024-ben a kisebb dózissal kezelt növények szignifikánsan, a magasabb dózissal kezelt növények csak tendencia jelleggel haladták meg a kontroll növények NDVI értékeit. A metribuzin kisebb dóziséval kezelt növények átlag fitotoxicitási értéke csak 2024-ben különbözött a kontroll fitotoxicitási értékétől, míg a magasabb dózis alkalmazásánál ez két tenyészidőszakban fordult elő ebből egyszer erős károsodást okozott. Friesen és Campbell (1986) kutatásában a metribuzin (0,13 kg hatóanyag ha⁻¹) alkalmazása már alacsony dózisban is jelentős károsodást okozott. Maghozam eredményekben egyik évben sem mértünk szignifikáns eltérést a kontroll növényekhez képest. A halauxifen-metil + klopíralid (0,75, 1,0 l ha⁻¹; 120 g l⁻¹) kombináció különböző dózisainak további tesztelése nem indokolt. Két tenyészidőszakban a kezelt növények fitotoxicitási értéke magasabb volt a kontrollhoz képest, ami a kezeletlen állományhoz viszonyítva erősebb károsodást jelez. A 2,4-D (1,0 l ha⁻¹; 600 g l⁻¹), halauxifen-metil (0,8, 1,0 l ha⁻¹; 3 g l⁻¹), halauxifen-metil + pikloram (0,25, 0,5 l ha⁻¹; 10, 48 g l⁻¹), szulfoszulfuron (8,0, 10,0 g ha⁻¹; 750 g kg⁻¹), tifenszulfuron-metil (15,0 g ha⁻¹; 500 g kg⁻¹) és terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (4,0 l ha⁻¹; 125, 37,5 375 g l⁻¹) hatóanyagok a tenyészidőszakokban jelentős mértékű fitotoxicitást okoztak. Az NDVI és maghozam adatok nem minden esetben támasztják alá teljes mértékben ezt a megállapítást, azonban véleményünk szerint a megfigyelt növénykárosodás mértéke miatt a hatóanyagok további vizsgálata indokolatlan.

A **szőszös bükköny** kétéves maghozam nélküli eredményéből természetesen jelentős következtetés nem vonható le. A flumioxazin (0,06 és 0,08 kg ha⁻¹; 500 g kg⁻¹), valamint a metribuzin (0,3 és 0,4 l ha⁻¹; 600 g l⁻¹) *preemergens* alkalmazása során kapott NDVI- és fitotoxicitási eredmények alapján e hatóanyagok további vizsgálata indokolt. A diflufenikán 2025. évi *preemergens* kezelése enyhe fitotoxikus tüneteket okozott, amelyek nem okoztak szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. Az eredmények alapján további években történő tesztelése indokolt. A klomazon (0,2 l ha⁻¹ 480 g l⁻¹) hatóanyaggal kezelt növények 2024-ben nem mutattak számottevő fitotoxikus tüneteket, azonban 2025-ben már súlyos károsodás volt megfigyelhető, amely az NDVI értékekben is megmutatkozott. Az eredmények alapján a klomazon alkalmazása a vizsgált körülmények között nem bizonyult biztonságosnak, ezért a hatóanyag további tesztelése nem javasolt. A pendimetalin kezelés (5,0 l ha⁻¹; 455 g l⁻¹) mindkét évben fitotoxicitást

okozott. 2024-ben csak enyhe tünetek jelentkeztek. Lobos et al. (2016) kutatásában a pendimetalin ($3,0 \text{ l ha}^{-1}$) alkalmazása során enyhe tüneteket tapasztalt. Azonban kutatásunkban 2025-ben kifejezetten súlyos fitotoxikus hatás volt megfigyelhető, amely az NDVI értékek jelentős csökkenésében is tükröződött. Mindezek alapján a pendimetalin alkalmazása a vizsgált körülmények között jelentős kockázatot hordoz, ezért a hatóanyag további tesztelése nem indokolt.

A **szőszös bükkönyben** *posztemergens* kijuttatott metazaklór + quinmerak ($2,0, 2,25 \text{ l ha}^{-1}$; $333, 83 \text{ g l}^{-1}$) nagyon enyhe tüneteket okozott, NDVI értékekben szignifikánsan csak 2025-ben a kisebb dózissal kezelt növények értékei tértek el a kontrolltól, valamint a tavaszi bükköny kísérletekben is kiemelkedő hatóanyag-kombináció volt. Ebből kifolyólag további tesztelésre javasolható az említett kombináció különböző dózisokban. A 2023-ban kijuttatott imazamox hatóanyag a szőszös bükkönyben, klorózist okozott, de fitotoxicitási értékei kisebbek voltak, a többi ALS gátlóval kezelt növények értékeitől (Juhász és Zsombik, 2023). Kísérletünkben az imazamox ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 40 g l^{-1}) hatóanyaggal kezelt növények NDVI és fitotoxicitási értékei nem tértek el a kontrolltól 2024-ben. 2025-ben enyhe tüneteket bonitáltunk, ezzel különböznek a kezelt növények a kontrolltól. A bentazonnal ($3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}) kezelt növények NDVI-értékei 2024-ben közel azonosak voltak a kontroll parcellákéval, és a tenyészidőszak során biztonságosnak bizonyultak. 2025-ben szintén nem mutatkozott eltérés a kontrollhoz képest, azonban a tavaszi bükköny esetében tapasztalt évjárat hatásból adódóan további években történő tesztelése indokolt a hatóanyagnak. Hinds-Cook et al. (2021) kutatásában az imazamox + bentazonnal ($35 \text{ g hatóanyag ha}^{-1} + 280 \text{ g hatóanyag ha}^{-1}$) kombinálva nem károsította a növényeket, azonban a kezelt növények maghozama elmaradt a kontrolltól nem szignifikáns mértékben. A diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}) 2025 évi *posztemergens* kezelése enyhe fitotoxikus tüneteket okozott, amelyek nem eredményeztek szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. Az eredmények alapján további években történő tesztelése indokolt. A flumioxazin ($0,06, 0,08 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), klórtoluron ($2,8 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}), klopíralid + pikloram ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$; $267, 67 \text{ g l}^{-1}$) metazaklór ($1,5 \text{ l ha}^{-1}$; 400 g l^{-1}), halauxifen-metil ($0,5, 0,6 \text{ l ha}^{-1}$; 3 g l^{-1}), illetve halauxifen-metil + klopíralid ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$; $5, 120 \text{ g l}^{-1}$) különböző dózisainak NDVI és fitotoxicitási adatai alapján végzett elemzésünk során arra a következtetésre jutottunk, hogy a hatóanyagok további tesztelése indokolatlan.

Fontos megjegyezni, hogy a kísérletek során kapott eredmények a vizsgált fajták és környezeti feltételek speciális kombinációjára érvényesek. Más fajták vagy

körülmények között a herbicidek hatása eltérő lehet. A vizsgálatok eredményei nem általánosíthatók a növényfajokon belüli fajtákra és termesztési körülményre, mivel a herbicidek hatékonysága számos tényezőtől függ. A kapott eredményeket mértéktartóan kell kezelni, mivel a herbicidek hatása a különböző környezeti feltételek között jelentősen változhat.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. **Fehérvirágú csillagfürt** (*Lupinus albus* L.), **tavaszi bükköny** (*Vicia sativa* L.), **szőszös bükköny** (*Vicia villosa* Roth.) és **pohánka** (*Fagopyrum esculentum* Moench.) esetében különböző **korrelációs** vizsgálati **tesztek** (Spearman' rho) alkalmazásával bizonyítottam, hogy az **NDVI** adatok hatékony eszközként szolgálhatnak a **vegetáció állapotának** és a **gyomirtó szerek hatásának kvantitatív értékelésére**.
2. Kísérletemben igazoltam, hogy az **NDVI értékek** és a **maghozam** között **szignifikáns pozitív**, míg a **fitotoxiciási értékek** és a **maghozam** között **szignifikáns negatív** kapcsolat állt fenn.
3. A vizsgált kultúrák összehasonlítása alapján a **fehérvirágú csillagfürt** (*Lupinus albus* L.) tekinthető a **legkevésbé herbicidérzékeny fajnak**, mivel arányaiban mind a preemergens, mind a posztemergens kezelések körében ennél a növénynél volt a legnagyobb a kedvezően értékelhető kezelések aránya. **Teljes biztonsággal szelektívnek** ugyanakkor csak a preemergens (**flumioxazin** 0,06 kg ha⁻¹, 500 g kg⁻¹; **pendimetalin** 5,0 l ha⁻¹, 455 g l⁻¹; **dimetenamid-P** 1,4 l ha⁻¹, 720 g l⁻¹; **petoxamid** 2,0 l ha⁻¹, 600 g l⁻¹; **klomazon** 0,2 l ha⁻¹, 480 g l⁻¹; **metobromuron** 3,0 l ha⁻¹, 500 g l⁻¹) kezelések egy része volt minősíthető.
4. A **terméseredmények alapján** fehérvirágú csillagfürtben (*Lupinus albus* L.) a leghatékonyabb kezeléseknek a **flumioxazin** (0,06 kg ha⁻¹; 500 g kg⁻¹) és a **klomazon** (0,2 l ha⁻¹, 480 g l⁻¹) bizonyultak.
5. A nemzetközi irodalmi adatokkal összevetve igazoltuk, hogy a **flumioxazin** (preemergens) fehérvirágú édes csillagfürtben és tavaszi bükkönyben, valamint a **pendimetalin** (preemergens) fehérvirágú édes csillagfürtben **biztonságosan alkalmazható**. Ugyanakkor saját eredményeink alapján az **imazamox** (posztemergens) fehérvirágú édes csillagfürtben, a **fluorkloridon** (preemergens) **pohánkában**, valamint a **pendimetalin** (preemergens) **szőszös bükkönyben** a szakirodalomban közöltektől eltérő, kedvezőtlenebb fitotoxikus hatást mutatott.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A **fehérvirágú csillagfürt** esetében **preemergens** technológiában **engedélyezési eljárásra javaslom** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), pendimetalin ($5,0 \text{ l ha}^{-1}$; 455 g l^{-1}) dimetenamid-P ($1,4 \text{ l ha}^{-1}$; 720 g l^{-1}), petoxamid ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}), klomazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}), metobromuron ($3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}). **Preemergensen** további **tesztelésre javaslom** a diflufenikán hatóanyagot $0,25 \text{ l ha}^{-1}$ (500 g l^{-1}) dózisban. **Posztemergensen** további **tesztelésre javaslom** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: halauxifen-metil ($0,4 \text{ l ha}^{-1}$; 3 g l^{-1}), szulfoszulfuron ($13,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}), diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}). **Preemergensen** további tesztelésre **nem javaslom** a metribuzin hatóanyagot $0,55 \text{ l ha}^{-1}$ (600 g l^{-1}) dózisban. **Posztemergensen** további **tesztelésre nem javaslom** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), klórtoluron ($2,8 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}), imazamox ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$; 40 g l^{-1}), halauxifen-metil + pikloram ($0,25, 0,5 \text{ l ha}^{-1}$; $10, 48 \text{ g l}^{-1}$), karfentrazon-etil ($35,0 \text{ g ha}^{-1}$; 400 g kg^{-1}) proszulfokarb ($2,5 \text{ l ha}^{-1}$; 800 g l^{-1}), szulfoszulfuron magasabb dózisa ($17,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}).
2. A **tavaszi bükköny** esetében **preemergensen** további **tesztelésre javaslom** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), klomazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}), metribuzin ($0,55 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}). **Posztemergensen** további **tesztelésre javaslom** a metazaklór + quinmerak hatóanyagokat $2,0$, illetve $2,25 \text{ l ha}^{-1}$ ($333, 83 \text{ g l}^{-1}$) dózisokban. **Preemergensen** további **tesztelésre nem javaslom** a pendimetalin hatóanyagot $5,0 \text{ l ha}^{-1}$ (455 g l^{-1}) dózisban. **Posztemergensen** további **tesztelésre nem javaslom** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: flumioxazin ($0,06, 0,08 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), klórtoluron ($2,8, 3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}), bentazon ($1,5, 2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}), klopíralid + pikloram ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$; $267, 67 \text{ g l}^{-1}$), MCPB ($2,0, 3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 400 g l^{-1}), szulfoszulfuron ($10,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}), trifluszulfuron-metil ($20,0 \text{ g ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), tifenszulfuron-metil ($15,0 \text{ g ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), imazamox ($0,6, 0,8, 1,0, 1,2 \text{ l ha}^{-1}$; 40 g l^{-1}).

3. A **pohánka** esetében **posztemergensen** további **tesztelésre javaslok** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: klopíralid ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}), mezotrion ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 100 g l^{-1}), metribuzin ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}). **Preemergensen** további **tesztelésre nem javaslok** a fluorkloridon hatóanyagot $2,0 \text{ l ha}^{-1}$ (250 g l^{-1}) dózisban. **Posztemergensen** további **tesztelésre nem javaslok** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: 2,4-D ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}), halauxifen-metil ($0,8, 1,0 \text{ l ha}^{-1}$; 3 g l^{-1}), halauxifen-metil + pikloram ($0,25, 0,5 \text{ l ha}^{-1}$; $10, 48 \text{ g l}^{-1}$), halauxifen-metil + klopíralid ($0,75, 1,0 \text{ l ha}^{-1}$; $5, 120 \text{ g l}^{-1}$), metribuzin ($0,4 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}), szulfoszulfuron ($8,0, 10,0 \text{ g ha}^{-1}$; 750 g kg^{-1}), tifenszulfuron-metil ($15,0 \text{ g ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}) és terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór ($4,0 \text{ l ha}^{-1}$; $125, 37,5, 375 \text{ g l}^{-1}$).
4. A **szőszös bükköny** esetében **preemergensen** további **tesztelésre javaslok** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisban: flumioxazin ($0,06, 0,08 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), metribuzin ($0,3, 0,4 \text{ l ha}^{-1}$; 600 g l^{-1}) és a diflufenikán ($1,5 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}). **Preemergensen** további **tesztelésre nem javaslok** a következő hatóanyagot az alábbi dózisban: klomazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}) és pendimetalin ($5,0 \text{ l ha}^{-1}$; 455 g l^{-1}). **Posztemergensen** további **tesztelésre javaslok** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: metazaklór + quinmerak ($2,0, 2,25 \text{ l ha}^{-1}$; $333, 83 \text{ g l}^{-1}$), imazamox ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$; 40 g l^{-1}), bentazon ($3,0 \text{ l ha}^{-1}$; 480 g l^{-1}) és a diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}). **Posztemergensen** további **tesztelésre nem javaslok** a következő hatóanyagokat az alábbi dózisokban: flumioxazin ($0,06, 0,08 \text{ kg ha}^{-1}$; 500 g kg^{-1}), klórtoluron ($2,8 \text{ l ha}^{-1}$; 500 g l^{-1}), klopíralid + pikloram ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$; $267, 67 \text{ g l}^{-1}$), halauxifen-metil ($0,5, 0,6 \text{ l ha}^{-1}$; 3 g l^{-1}), halauxifen metil + klopíralid ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$; $5, 120 \text{ g l}^{-1}$).
5. Megállapítottuk, hogy a **tisztítást követően a természennyezettség** (gyommagvak, illetve zöld és száraz növényi részek) **magasabb aránya** jellemzően azokról a parcellákról származott, ahol a gyomirtó szeres-kezelések a kultúrnövényt károsítva **állományritkulást** idéztek elő, ezáltal **elősegítve a gyomfajok felszaporodását** és a kevésbé tiszta állomány kialakulását.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A hazánkban elsősorban a zöldítő keverékekben alkalmazott fehérvirágú csillagfürt (*Lupinus albus* L.), tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.), szösös bükköny (*Vicia villosa* Roth.) és a pohánka (hajdina) (*Fagopyrum esculentum* Moench.) növények biztonságos vetőmagtermesztésének háttere kevésbé vizsgált téma. Általánoságban kijelenthető, hogy a gyomnövények kompetíciós képességük révén jelentősen hátráltathatják a vetőmagcélú termesztés sikerességét. Mivel a fehérvirágú csillagfürt, tavaszi bükköny, szösös bükköny és pohánka nem tartoznak a gazdaságilag legjelentősebb növénykultúrák közé, és viszonylag érzékenyek a gyomirtó szerekre, a hatékony és biztonságos gyomirtási módszerek kifejlesztése és kutatása ezen növények esetében kevés figyelmet kapott a múltban. Ez a tény jelentős akadályt jelent a hatékony és biztonságos növényvédelmi stratégiák kidolgozásában.

A tenyésztidőszakok során a 'Nelly' (fehérvirágúcsillagfürt), 'Emma' (tavaszi bükköny), 'Hajnalka' (pohánka), 'Hungvillosa' (szösös bükköny) fajtákban különböző hatásmechanizmusú (protoporfirinogen-oxidáz gátlók, csírázás és növekedés gátlók, karotinoid bioszintézis gátlók, fotoszintézis gátlók a Ps II. rendszerben, acetolaktát-szintetáz; acetohidroxiacit-szintetáz gátlók, fitoén dezaturáz gátlók, auxin hatású, légzési anyagcsere fokozók auxin szerű tünetekkel, lipid bioszintézis gátlók, plasztokinon bioszintézis gátlók) hatóanyagokat teszteltünk preemergensen és posztemergens alkalmazásban.

A kísérleteket a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet szántóföldi területein állítottuk be. A tenyésztidőszakok során 4 ismétléses randomizált teljes blokk elrendezést alkalmaztunk. A kisparcellás kísérletek során 2022-ben, 2024-ben, és 2025-ben 1,7 x 5 m-es parcellákat míg, 2023-ban 2 x 10 m-es parcellákat alkalmaztunk. A kutatási területen a vizsgálati időszak alatt nem alkalmaztunk műtrágyás kezeléseket. A különböző hatóanyagok által okozott változásokat a Trimble GreenSeeker HCS-100-as mérőműszer által felvételezett NDVI adatokkal követtük nyomon. Hagyományos vizuálisan felvételezett fitotoxicitási vizsgálatokat végeztünk a tenyésztidőszakok folyamán. A tünetek meghatározása mellett Dancza (2004) alapján 1-től 9-ig terjedő skálán (1 = tünetmentes; 9 = teljes növény pusztulás) értékeltük a tünetek súlyosságát. Gyomnövény darabszám felvételezést végeztünk parcellánként, amihez egy 0.5 m x 0.5 m-es mintavételezési keret használtunk, majd identifikáltunk a gyomnövényeket. A 2024-

es évben ezermagtömeg és magassági adatokkal egészítettük ki a kutatást. A betakarítások megkönnyítésének érdekében a diquat-dibromid hatóanyagú készítménnyel elvégeztünk a desszikálást, ezt követően parcella kombájnnal betakarítottuk a parcellákat. A termés tisztítását laboratóriumi magtisztító használatával elvégeztük, majd arányosítottuk a szennyezett termést (gyommag, zöld és száraz növényi részek), és a tisztított maghozamot. A kapott eredményekkel variancia analízist végeztünk Duncan ($p < 0,05$) alapján. A gyűjtött adatokból Spearman' rho alapján korrelációs vizsgálatot végeztünk két szinten (0,05; 0,01).

A fehérvirágú csillagfűrt 'Nelly' fajtában preemergensen több tenyészidőszak eredményei alapján a flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$), pendimetalin ($5,0 \text{ l ha}^{-1}$), dimetenamid-P ($1,4 \text{ l ha}^{-1}$), petoxamid ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$), klomazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$) és metobromuron ($3,0 \text{ l ha}^{-1}$), hatóanyagok alkalmazása biztonságos volt, ebből kifolyólag validálási eljárásra alkalmasnak találjuk a hatóanyagokat. Két év tenyészidőszak során a diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$) hatóanyag egyáltalán nem vagy csak nagyon enyhe tüneteket okozott ebből kifolyólag a hatóanyagot további szabadföldi vizsgálatokba szükséges bevonni. Két év eredményei alapján megállapítottuk, hogy a metribuzin ($0,55 \text{ l ha}^{-1}$) hatóanyag alkalmazása nem biztonságos a kultúrában.

A több tenyészidőszakban kijuttatott klasszikus és késői posztemergens kezelések során a legkisebb dózisú halauxifen-metil ($0,4 \text{ l ha}^{-1}$), és alacsonyabb dózisú szulfoszulfuron ($13,0 \text{ g ha}^{-1}$), hatóanyagokkal kezelt növények maghozama nem mutatott szignifikáns eltérést a kontroll növényekhez képest. Eredményeink alapján ezek a hatóanyagok további vizsgálatokra alkalmasak. A preemergens kezelések során is hatékonyak bizonyult diflufenikán ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$) hatóanyag a posztemergens alkalmazása során szintén kedvező fitotoxicitási és maghozam eredményeket mutatott. Ezek az eredmények alátámasztják, a hatóanyag további, mélyrehatóbb vizsgálatát a csillagfűrtben. A 'Nelly' fajtán végzett kísérleteink során a flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$), klórtoluron ($2,8 \text{ l ha}^{-1}$), imazamox ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$), halauxifen-metil + pikloram ($0,25, 0,5 \text{ l ha}^{-1}$), karfentrazon-etil (35 g ha^{-1}), proszulfokarb ($2,5 \text{ l ha}^{-1}$) és a szulfoszulfuron magasabb dózisa ($17,0 \text{ g ha}^{-1}$) különböző mértékben károsodást okozott a csillagfűrtben. Az NDVI és a maghozam adatokkal kiegészített fitotoxicitási érték alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy ezen hatóanyagok további vizsgálata a fehérvirágú csillagfűrtben indokolatlan.

A tavaszi bükköny 'Emma' fajtában a preemergens kezelések közül a flumioxazin ($0,06 \text{ kg ha}^{-1}$) hatóanyagról áll rendelkezésünkre a legtöbb eredmény, ezért indokolt lehet

annak további vizsgálata, akár nagyüzemi körülmények között. A klomazon ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$) és a metribuzin ($0,55 \text{ l ha}^{-1}$) két éves NDVI-, fitotoxicitási- és a 2024-ben végzett növénymagassági vizsgálatok alapján a hatóanyagok további tesztelésre érdemesek. Biztonságos alkalmazásuk azonban csak több év maghozam eredményeinek ismeretében lenne alátámasztható. A pendimetalin ($5,0 \text{ l ha}^{-1}$) minden évben fitotoxikus tüneteket okozott (nagyon enyhe-enyhe), ezért a többi preemergens kezeléshez képest nagyobb kockázata miatt alkalmazása nem javasolt.

A posztemergensen alkalmazott kezelések eredményei alapján kizárólag a metazaklór + quinmerak ($2,0$ és $2,25 \text{ l ha}^{-1}$) hatóanyag-kombináció további vizsgálata indokolt. A flumioxazin ($0,06$, $0,08 \text{ kg ha}^{-1}$), klórtoluron ($2,8$, $3,0 \text{ l ha}^{-1}$), bentazon ($1,5$, $2,0 \text{ l ha}^{-1}$), klopíralid + pikloram ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$), MCPB ($2,0$, $3,0 \text{ l ha}^{-1}$), szulfoszulfuron ($10,0 \text{ g ha}^{-1}$), trifluszulfuron-metil ($20,0 \text{ g ha}^{-1}$), tifenszulfuron-metil ($15,0 \text{ g ha}^{-1}$), imazamox ($0,6$, $0,8$, $1,0$, $1,2 \text{ l ha}^{-1}$) hatóanyagok jelentős károsodást képesek okozni a tavaszi búkkönyben további vizsgálatuk nem indokolt a kultúrában.

A pohánkában 2024-ben határozott tüneteket okozott az S-metolaklór ($1,4 \text{ l ha}^{-1}$), azonban a 2022-es (Juhász et al., 2023b) és 2023-as tenyészidőszakban nem, vagy csak enyhén okozott tüneteket a hatóanyag. Maghozam eredmények is eltérően alakultak további tesztelése mindenképpen indokolt lenne, azonban a hatóanyag kivonásra került. A fluorkloridon ($2,0 \text{ l ha}^{-1}$) 2024-ben súlyos károkat okozott, és a kezelt parcellákról származó terméshozam mindkét évben alacsonyabb volt a kontroll növényekétől, ebből kifolyólag további vizsgálatát nem javasoljuk.

A hároméves vizsgálatok alapján a klopíralid ($0,2 \text{ l ha}^{-1}$) posztemergens alkalmazása pohánkában jelentős fitotoxicitási kockázatot nem mutatott, ugyanakkor a terméseredmények évenként eltérő tendenciát mutattak, ami indokolja a további, akár üzemi szintű tesztelést. A mezotrion ($0,25 \text{ l ha}^{-1}$) posztemergens alkalmazása a hároméves vizsgálatok során csak egy tenyészidőszakban okozott fitotoxikus tüneteket, ugyanakkor a termésmennyiségek többnyire elmaradtak a kontrolltól. Ez indokolja a hatóanyag további tesztelését a pohánka termesztéstechnológiájába való biztonságos beillesztés megítélése érdekében. A metribuzin kisebb dózisa ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$) posztemergens alkalmazásban csak 2024-ben okozott határozott fitotoxikus tüneteket, a többi évben nem jelentkeztek számottevő elváltozások. A hozameredmények egyik évben sem különböztek szignifikánsan a kontrolltól, ezért az említett hatóanyag (metribuzin) kisebb dózisban ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$) további tesztelésre javasolható. A 2,4-D ($1,0 \text{ l ha}^{-1}$), halauxifen-metil ($0,8$, $1,0 \text{ l ha}^{-1}$), halauxifen-metil + pikloram ($0,25$, $0,5 \text{ l ha}^{-1}$), halauxifen-metil +

klopiralid (0,75, 1,0 l ha⁻¹), metribuzin (0,4 l ha⁻¹), szulfoszulfuron (8,0, 10,0 g ha⁻¹), tifenszulfuron-metil (15,0 g ha⁻¹) és terbutilazin + mezotrion + S-metolaklór (4,0 l ha⁻¹) hatóanyagok különböző mértékben növénykárosodást okoztak. Az eredmények alapján ezeknek a hatóanyagoknak és kombinációiknak a további vizsgálata nem indokolt.

A szőszös bükköny kétéves vizsgálati adatai önmagukban nem elegendőek jelentős következtetések levonására. A flumioxazin (0,06 és 0,08 kg ha⁻¹), valamint a metribuzin (0,3 és 0,4 l ha⁻¹) különböző dózisainak alkalmazásakor eltérő eredményeket kaptunk a különböző évjáratokban. Bár 2025-ben a magasabb dózisok alkalmazásának esetében enyhe fitotoxicitás is megjelent, az összesített tapasztalatok alapján mindkét hatóanyag további években történő vizsgálata indokolt. A diflufenikán (0,25 l ha⁻¹) egyéves preemergens alkalmazása során enyhe fitotoxikus tünetek jelentkeztek, amelyek nem eredményeztek szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. A felvételezett és kiértékelt adatok alapján a hatóanyag további tesztelése indokolt. A klomazon (0,2 l ha⁻¹) és a pendimetalin (5,0 l ha⁻¹) alkalmazása 2025-ben jelentős fitotoxikus tüneteket és NDVI-érték csökkenést eredményezett. A kapott eredmények alapján e hatóanyagok további tesztelése a vizsgált körülmények között nem indokolt.

A metazaklór + quinmerak (2,0, 2,25 l ha⁻¹) és bentazon (3,0 l ha⁻¹) hatóanyagok nem okoztak jelentős növénykárosodást, így a hatóanyagok további tesztelése javasolt. Az imazamox (2,0 l ha⁻¹) hatóanyaggal kezelt szőszös bükköny növényeinek NDVI és fitotoxicitási értékei 2024-ben nem tértek el a kontrolltól, míg 2025-ben enyhe tünetek voltak megfigyelhetők. A hatóanyag pontos megítélése érdekében további vizsgálata indokolt. A diflufenikán (0,25 l ha⁻¹) 2025. évi posztemergens kijuttatása során enyhe fitotoxikus tünetek jelentkeztek, azonban ezek nem okoztak szignifikáns eltérést a kontrollhoz viszonyítva. A hatóanyag megítélésének pontosítása érdekében további években történő vizsgálata indokolt. Az NDVI és fitotoxicitási adatok alapján a flumioxazin (0,06, 0,08 kg ha⁻¹), klórtoluron (2,8 l ha⁻¹), klopiralid + pikloram (0,3 l ha⁻¹), metazaklór (1,5 l ha⁻¹), halauxifen-metil (0,5, 0,6 l ha⁻¹) és a halauxifen metil + klopiralid (1,0 l ha⁻¹) hatóanyagok jelentősen károsították a kultúrnövényt, így további tesztelésük indokolatlan.

A különböző tenyésztőszakokban végzett korrelációs vizsgálatok eredményei alapján kijelenthető, hogy az NDVI index által szolgáltatott objektív, számszerű adatok és a hagyományos vizuális értékelés szubjektív, de részletes megfigyelései együttesen pontosabb képet nyújtanak a növények egészségéről. Ez a kombinált módszer lehetővé teszi a növényi betegségek és károsodások korábbi felismerését, így a növényvédelmi intézkedések hatékonyabbá tételét.

9. SUMMARY

The background of the safe seed production of sweet white lupine (*Lupinus albus* L.), common vetch (*Vicia sativa* L.), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.), which are mainly used in greening mixtures in our country, is a less researched topic. In general, weed competition can significantly hinder the success of seed oriented cultivation. Since these species are not among the most economically significant crops and tend to be sensitive to herbicides, the development and study of effective and safe weed control methods for them have received little attention historically. This fact is a major obstacle to the development of effective and safe crop protection strategies.

During the growing seasons, we tested herbicide active substances with various modes of action such as protoporphyrinogen oxidase inhibitors, germination and growth inhibitors, carotenoid biosynthesis inhibitors, photosynthesis inhibitors at PS II, acetolactate synthase/acetohydroxyacid synthase inhibitors, phytoene desaturase inhibitors, auxin-effect, respiratory metabolism increasing with synthetic auxins, lipid biosynthesis inhibitors, and plastoquinone biosynthesis inhibitors on the cultivars 'Nelly' (sweet lupine), 'Emma' (common vetch), 'Hajnalka' (buckwheat), and 'Hungvillosa' (hairy vetch), applied both pre- and post-emergence.

The experiments were carried out at different open-field sites of the University of Debrecen's AKIT Research Institute in Nyíregyháza using a randomized complete block design with four replications. In the small plot experiments, 1.7 x 5 m plots were used in 2022, 2024, 2025 and 2 x 10 m plots in 2023. No fertilizer treatments were applied during the experimental periods. The changes caused by the different active substances were monitored using NDVI data recorded by the Trimble GreenSeeker HCS-100 sensor. Conventional visual assessments of phytotoxicity were also carried out throughout the growing seasons. In addition to defining the symptoms, we rated the severity of symptoms on a scale of 1 to 9 (1 = no symptoms; 9 = complete plant death) according to Dancza (2004). Weed counts were recorded per plot using a 0.5 m x 0.5 m sampling frame and weeds were identified. In 2024, data on 1000-seed weight and plant height were added to the research. To facilitate harvest, desiccation was carried out using a diquat-dibromide based product, and the plots were subsequently harvested using a plot combine. The crop was cleaned using a laboratory seed cleaner, and then the contaminated crop

(weed seeds, green and dry plant parts) and the cleaned seed yield were proportioned. We performed variance analysis on the obtained results according to Duncan ($p < 0.05$). We used Spearman's rho to do a correlation test on the data we collected at two levels (0.05; 0.01).

Based on the results of several growing seasons, the use of flumioxazin (0.06 kg ha^{-1}), pendimethalin (5.0 L ha^{-1}), dimethenamid-P (1.4 L ha^{-1}), pethoxamid (2.0 L ha^{-1}), clomazone (0.2 L ha^{-1}) and metobromuron (3.0 L ha^{-1}) were safe to use in sweet lupine cultivar 'Nelly', and therefore we consider these active substances suitable for the validation procedure. During two growing season, the active substance diflufenican (0.25 L ha^{-1}) non or caused only very mild symptoms, therefore the active substance needs to be included in further field trials. Based on the results of two years, we concluded that the use of the active ingredient metribuzin (0.55 L ha^{-1}) is not safe for the lupine.

During post-emergence and late post-emergence treatments applied in multiple growing seasons, plants treated with , the lowest dose of halauxifen-methyl (0.4 L ha^{-1}), and lower doses of sulfosulfuron (13.0 g ha^{-1}) showed no significant difference in seed yield compared to control plants. Based on our results, these active substances are suitable for further trial. The active substance diflufenican (0.25 L ha^{-1}) proved effective in pre-emergence treatments and also showed favorable phytotoxicity and seed yield results in post-emergence applications.. These results warrant further, more in-depth trials of the active substance in lupines. During our experiments on the 'Nelly' cultivar, flumioxazin (0.06 kg ha^{-1}), chlorotoluron (2.8 L ha^{-1}) imazamox (1.0 L ha^{-1}), halauxifen-methyl + picloram ($0.25, 0.5 \text{ L ha}^{-1}$), carfentrazone-ethyl (35.0 g ha^{-1}) prosulfocarb (2.5 L ha^{-1}), and a higher dose of sulfosulfuron (17.0 g ha^{-1}) caused damage to the lupines tp varying degrees. Based on the NDVI and seed yield data supplemented with phytotoxicity scores, we concluded that further testing of these active substances in white lupine is not justified.

In the common vetch (cultivar 'Emma') the pre-emergence treatment with flumioxazin (0.06 kg ha^{-1}) is the most extensively studied. This justifies its further evaluation, potentially also under large-scale production conditions. Based on two years of NDVI and phytotoxicity assessments, as well as plant height measurements conducted in 2024, the active substances clomazone (0.2 L ha^{-1}) and metribuzin (0.55 L ha^{-1}) warrant further testing. However, confirmation of their safe application would require seed yield data collected over several years. Pendimethalin (5.0 L ha^{-1}) caused phytotoxic symptoms (very mild to mild) in every year; therefore, due to its higher risk compared with the other pre-emergence treatments, its use is not recommended. Based on the results of the post-

emergence treatments, only the combination of the active substances metazachlor + quinmerac (2.0 and 2.25 L ha⁻¹) warrants further testing. Flumioxazin (0.06, 0.08 kg ha⁻¹), chlorotoluron (2.8, 3.0 L ha⁻¹), bentazon (1.5, 2.0 L ha⁻¹), clopyralid + picloram (0.3 L ha⁻¹), MCPB (2.0, 3.0 L ha⁻¹), sulfosulfuron (10.0 g ha⁻¹), triflurosulfuron-methyl (20.0 g ha⁻¹), thifensulfuron-methyl (15.0 g ha⁻¹), imazamox (0.6, 0.8, 1.0, 1.2 L ha⁻¹) active substances can cause significant damage to common vetch further testing in the crop is not recommended.

S-metolachlor (1.4 L ha⁻¹) caused definite symptoms in buckwheat in 2024, but caused no or only mild symptoms in the 2022 (Juhász et al., 2023b) and 2023 growing seasons. The results also differed, so further testing would definitely be recommended, but the active substance was withdrawn. Fluorochloridon (2.0 L ha⁻¹) caused severe damage in 2024, and the yield from treated plots was lower than that from control plants in both years, therefore we do not recommend further testing.

Based on three years of testing, the post-emergence application of clopyralid (0.2 L ha⁻¹) did not show any significant phytotoxicity risk in buckwheat, but crop yields tended to vary in different years, which warrants further testing, even at the large-scale conditions. The post-emergence application of mesotrione (0.25 L ha⁻¹) caused phytotoxic symptoms in only one growing season during the three-year trials, but yields were generally lower than in the control. This suggests the need for further test of the active substance to assess its safe integration into buckwheat production technology. The lower dose of metribuzin (0.3 L ha⁻¹) applied post-emergence caused definite phytotoxic symptoms only in 2024 no significant changes were observed in the other years. The yield results did not differ significantly from the control in any of the years, therefore further testing of the active substance (metribuzin) at a lower dose (0.3 L ha⁻¹) is recommended. 2,4-D (1.0 L ha⁻¹), halauxifen-methyl (0.8, 1.0 L ha⁻¹), halauxifen-methyl + picloram (0.25, 0.5 L ha⁻¹), halauxifen-methyl + clopyralid (0.75, 1.0 L ha⁻¹), metribuzin (0.4 L ha⁻¹), sulfosulfuron (8.0, 10.0 g ha⁻¹), thifensulfuron-methyl (15.0 g ha⁻¹) and terbuthylazine + mesotrione + S-metolachlor (4.0 L ha⁻¹) caused varying degrees of plant damage. Based on the results, further testing of these active substances and combinations is not recommended.

The two year experimental data on hairy vetch are not sufficient on their own to draw significant conclusions. The application of flumioxazin (0.06 and 0.08 kg ha⁻¹) and metribuzin (0.3 and 0.4 L ha⁻¹) at different doses resulted in varying outcomes across the different years. Although mild phytotoxicity was observed with the application of higher

doses in 2025, the overall results indicate that further investigations of both active substances in subsequent years are warranted. During the one year pre-emergence application of diflufenican (0.25 L ha^{-1}), mild phytotoxic symptoms were observed, however, did not result in significant differences compared to the control. Based on the recorded and evaluated data, further testing of the active substance is warranted. The application of clomazone (0.2 L ha^{-1}) and pendimethalin (5.0 L ha^{-1}) resulted in significant phytotoxic symptoms and a decrease in NDVI values in the years studied. Based on the obtained results, further testing of these active substances under the studied conditions is not warranted.

The active substances metazachlor + quinmerac ($2.0, 2.25 \text{ L ha}^{-1}$) and bentazon (3.0 L ha^{-1}) did not cause significant crop damage, therefore, further testing of these active substances is recommended. In 2024, the NDVI and phytotoxicity values of hairy vetch plants treated with imazamox (2.0 L ha^{-1}) did not differ from the control, whereas in 2025 mild symptoms were observed. For an accurate assessment of the active substance, further investigations in subsequent years are warranted. During the post-emergence application of diflufenican (0.25 L ha^{-1}) in 2025, mild phytotoxic symptoms were observed however, these did not result in significant differences compared to the control. In order to obtain a more precise evaluation of the active substance, further tests in subsequent years are warranted. Based on the NDVI and phytotoxicity data, the active substances flumioxazin ($0.06, 0.08 \text{ L ha}^{-1}$), chlortoluron (2.8 L ha^{-1}), clopyralid + picloram (0.3 L ha^{-1}), metazachlor (1.5 L ha^{-1}), halauxifen-methyl ($0.5, 0.6 \text{ L ha}^{-1}$), and halauxifen-methyl + clopyralid (1.0 L ha^{-1}) caused significant damage to the crop, therefore, their further testing under the studied conditions is not warranted. Based on the results of correlation studies conducted during different growing seasons, it can be stated that the objective, numerical data provided by the NDVI index and the subjective but detailed observations of traditional visual assessment together provide a more accurate view of plant health. This combined method enables earlier detection of plant diseases and damage, thus making plant protection measures more effective.

10. IRODALOM

- Abbasi, P. A. – Renderos, W. – Fillmore, S.: 2019.* Soil incorporation of buckwheat as a pre-plant amendment provides control of *Rhizoctonia* damping-off and root rot of radish and *Pythium* damping-off and root rot of cucumber. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(1), 24-34.
- Abdelaal, K. – Alsubeie, M. S. – Hafez, Y. – Emeran, A. – Moghanm, F. – Okasha, S. – Omara, R. – Basahi, M. A. – Darwish, D. B. E. – Ibrahim, M. F. M. – El-Yazied, A. A. – Rashwan, E. A. – Elkelish, A. – Mady, M. A. – Ibraheem, F.: 2022.* Physiological and biochemical changes in vegetable and field crops under drought, salinity and weeds stresses: control strategies and management. *Agriculture*, 12(12), 2084. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122084>
- Abou-Khater, L. – Maalouf, F. – Patil, S. B. – Balech, R. – Nacouzi, D. – Rubiales, D. – Kumar, S.: 2021.* Identification of tolerance to metribuzin and imazethapyr herbicides in faba bean. *Crop Science*, 61(4), 2593-2611.
- Ačko, D. K. – Flajšman, M.: 2023.* Production and Utilization of *Lupinus* spp. In *Production and Utilization of Legumes–Progress and Prospects*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.110227
- Ali, A. – Bhattacharjee, B.: 2023.* Nutrition security, constraints, and agro-diversification strategies of neglected and underutilized crops to fight global hidden hunger. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1144439. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1144439>
- Ali, S. – Kucek, L. K. – Riday, H. – Krom, N. – Krogman, S. – Cooper, K. – Jacobs, L. – Mehta, P. – Trammell, M. – Bhamidimarri, S. – Butler, T. – Saha, M. C. – Monteros, M. J.: 2023.* Transcript profiling of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) identified interesting genes for seed dormancy. *The Plant Genome*, 16, e20330. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20330>
- Alshallash, K. S.: 2014.* Chemical Control Of Annual Ryegrass Growing With Barley During Pre-Emergence Stage By Methabenzthiazuron, Isoproturon And Chlorotoluron. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 22(2), 425-428.

- Amaç, E. – Liman, R.:* 2021. Cytotoxic and genotoxic effects of clopyralid herbicide on *Allium cepa* roots. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35), 48450-48458.
- Americanos, G. P. – Droushiotis, N. D.:* 1998. Post-emergence herbicides for forage legumes grown for seed production. technical bulletin 195. ISSN 0070-2315.
- Anonymous.:* 2005. Racer CSt herbicide product label. Makhteshim-Agan Publication. No. L-3904. 3.
- Anonymous.:* 1998. Aim product label. FMC Corp. Philadelphia, PA: Agricultural Products Group.
- Anugroho, F. – Kitou, M. – Nagumo, F. – Kinjo, K. – Tokashiki, Y.:* 2009. Effect of the sowing date on the growth of hairy vetch (*Vicia villosa*) as a cover crop influenced the weed biomass and soil chemical properties in a subtropical region. *Weed Biology and Management*, 9(2), 129-136.
- Arduini, I. – Masoni, A. – Mariotti, M.:* 2016. A growth scale for the phasic development of common buckwheat. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 66(3), 215-228.
- Arncken, C. – Klaiss, M. – Wendling, M. – Messmer M.:* 2020. Cultivation of white lupin- A cool-season and environmentally friendly protein crop. Legumes Translated Practice Note 4. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Switzerland.
- Aulakh, J. S.:* 2023. Weed Control Efficacy and Ornamental Plant Tolerance to Dimethenamid-p+ Pendimethalin Granular Herbicide. *Journal of Environmental Horticulture*, 41(2), 74-79.
- Bailly, G. C.:* 2011. Effectiveness of Prosulfocarb-Based Treatments for the Control of Sensitive and Herbicide Resistant *Lolium* spp. Populations. Ph.D. Thesis, Imperial College London, London, UK. 243.
- Baldwin, K. – Creamer, N.:* 2009. Cover Crops for Organic Farms; Center for Environmental Farming Systems, NCSU-NCA&TSU-NCDA&CS; North Carolina Cooperative Extension Service: Raleigh, NC, USA, pp. 1-22.

- Bálint J. – Balog A. – Nyárádi I. I.*: 2012. Amit a növényvédőszer hatóanyagokról tudni kell. University press. Târgu-Mureş. 285. ISBN: 978-973-169-174-9. 10.13140/RG.2.1.3536.0802 285 p.
- Balyan, R. S. – Malik, K. R.*: 1991. Growth and development of *Vicia sativa* and *Lathyrus aphaca* as influenced by herbicide treatments. *Haryana Journal of Agronomy* 7:33-38.
- Barros, R. E.*: 2017. Dinâmica de picloram+ 2, 4-D sob influência de biochar, biossólido e silicato de alumínio no solo. Universidade Federal De Minas Gerais Campus Regional de Montes Claros Mestrado em Produção Vegetal. Montes Claros. 84.
- Bayer United States.*: 2022. Bayer Further Commits to Crop Protection Innovation with Planned Introduction of Diflufenican. Retrieved from <https://www.bayer.com/en/us/diflufenican>
- Beck, L. L. – Patton, A. J. – Law, Q. D. – Weisenberger, D. V. – Brosnan, J. T. – Almodóvar, J. J. V. – Kopsell, D. A.*: 2015. Mesotrione activity on crabgrass (*Digitaria* spp.) as influenced by nitrogen fertilization rate, source, and timing. *Weed Technology*, 29(2), 263-273.
- Bélteky, B. – Kovács I.*: 1982. A csillagfürt. Nyírségi Nyomda. ISBN 963-02-2551-4.
- Beltrami, J. B. – Cura, L. N.*: 2018. Evaluación de diferentes alternativas de manejo de suelo durante el invierno y su impacto sobre malezas, contenido de agua, disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento de maíz tardío (*Zea mays*, L.). Villa María: Universidad Nacional de Villa María 60.
- Biró, K. – Kovács, E.*: 2023. Agro-climatic Analysis for Agricultural Adaptation in Hungary. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*. <https://doi.org/10.3311/ppso.22482>.
- Boger, P. – Sandmann, G.*: 1998. Carotenoid biosynthesis inhibitor herbicides - mode of action and resistance mechanisms. *Pesticide Outlook* 9(6), 29-35.
- Bolaños, J. A. – Campo, L. V. – Corrales, J. C.*: 2020. Prototype and Method for Crops Analysis in the Visible and Infrared Spectrum from a Multirotor Air Vehicle. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 19(37), 259-281.

- Bollman, J. D. – Boerboom, C. M. – Becker, R. L. – Fritz, V. A.: 2008. Efficacy and tolerance to HPPD-inhibiting herbicides in sweet corn. Weed Technology, 22(4), 666-674.*
- Borbély F. – Lenti I. – Kövics Gy. J.: 2008. Csillagfűrtfajok növényvédelme. Technológia. Növényvédelem 44 (6), 2008. 279-296.*
- Bottcher, A. A. – Albrecht, A. J. P. – Albrecht, L. P. – Silva, A. F. M. – Freitas, J. – Souza, T.: 2022. Terbutylazine herbicide: an alternative to atrazine for weed control in glyphosate-tolerant maize. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 57(8), 609-616. <https://doi.org/10.1080/03601234.2022.2088015>*
- Brown, H. M.: 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. Pesticide Science, 29(3), 263-281.*
- Brummer, E. C. – Burras, C. L. – Duffy, M. D. – Moore, K. J.: 2000. Switchgrass production in Iowa: economic analysis, soil suitability, and varietal performance. Iowa State University, Ames, Iowa.*
- Bukun, B. – Nissen, S. J. – Shaner, D. L. – Vassios, J. D.: 2012. Imazamox absorption, translocation, and metabolism in red lentil and dry bean. Weed Science, 60(3), 350-354.*
- Caballero, R. – Alzueta, C. – Barro, C. – Arauzo, M. – Hernaiz, P. J.: 1992. Chemical control of annual weeds in field beans (*vicia faba*) in Central Spain. Weed Sci. 40: 96-100.*
- Caballero, R. – Barro, R. – Alzueta, C. – Arauzo, M. – Hernaiz, P. J.: 1995. Weed control and herbicide tolerance in a common vetch–oat intercrop. Weed Science, 1995. volume 43:283-287. <https://doi.org/10.1017/s0043174500081182>*
- Campiglia, E. – Caporali, F. – Radicetti, E. – Mancinelli, R.: 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. European Journal of Agronomy, 33(2), 94-102.*
- Carminati, A.: 2013. Rhizosphere wettability decreases with root age: a problem or a strategy to increase water uptake of young roots?. Frontiers in Plant Science, 4:298. doi: 10.3389/fpls.2013.00298*

- Chaleff, R. S. – Mauvais, C. J.:* 1984. Acetolactate synthase is the site of action of two sulfonylurea herbicides in higher plants. *Science*, 224(4656), 1443-1445.
- Cong, C. – Wang, Z. – Li, R. – Li, L. – Bu, D. – Wang, J.:* 2014. Evaluation of weed efficacy and crop safety of fluorochloridone in China. *Weed Technology*, 28(4), 721-728.
- Dalias, P. – Neocleous, D.:* 2017. Comparative analysis of the nitrogen effect of common agricultural practices and rotation systems in a rainfed mediterranean environment. *Plants*, 6(4), 61.
- Damalas, C. A. – Koutroubas, S. D.:* 2022. Weed competition effects on growth and yield of spring-sown white lupine. *Horticulturae*, 8(5), 430.
- Dancza, I.:* 2004. Hatósági herbicid vizsgálati módszertan. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Növény és Talajvédelmi Főosztály, Budapest. 47.
- Daramola, D. A. – Hatzell, M. C.:* 2023. Energy demand of nitrogen and phosphorus based fertilizers and approaches to circularity. *ACS Energy Lett.* 8, 1493-1501.
- Das, T. K. – Behera, B. – Nath, C. P. – Ghosh, S. – Sen, S. – Raj, R., – Gosh, S. – Sharma, A. R. – Yaduraju, N. T. – Nalia, A. – Dutta, A. – Kumar, N. – Singh, R. – Pathak, H. – Singh, R. G. – Hazra, K. K. – Ghosh, P. K. – Layek, J – Patra, A. – Pramanik, B.:* 2024. Herbicides use in crop production: An analysis of cost–benefit, non-target toxicities and environmental risks. *Crop Protection*, 106-691.
- David, G. – Borcean, A. – Imbrea, F. – Botos, L.:* 2014. White lupin (*Lupinus albus* L.): a plant fit to improve acid soils in south–western Romania and an important source of protein. *Research Journal of Agricultural Science*, 46 (1): 198-202.
- Dayan, F. E. – Zaccaro, M. L. de M.:* 2012. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 102(3), 189-197.
- De la Rosa, L. – López-Román, M. I. – González, J. M. – Zambrana, E. – Marcos-Prado, T. – Ramírez-Parra, E.:* 2021. Common vetch, valuable germplasm for resilient agriculture: genetic characterization and Spanish core collection development. *Frontiers in plant science*, 12, 617873.

- De La Torre Ugarte, D. – Walsh, M. E. – Shapouri, H. – Slinsky, S. P.*: 2003. The Economic Impacts of Bioenergy Crop Production on US Crop Production (No. 33997). United States Department of Agriculture, Economic Research Service. 49. DOI: 10.22004/ag.econ.33997.
- Defalque, C. – Laeremans, J. – Drugmand, J. – Tcheutchoua, C. F. – Meng, Y. – Zhou, M. – Zhang, K. – Quinet, M.*: 2025. Drought and High Temperatures Impact the Plant–Pollinator Interactions in *Fagopyrum esculentum*. *Plants*, 14(1), 131. <https://doi.org/10.3390/plants14010131>
- Deutsche Saatveredelung AG.*: 2022. White lupin: Crop production guide (*Lupinus albus*). 46 p.
- Devault, D. A. – Guillemin, J. P. – Millet, M. – Eymery, F. – Hulin, M. – Merlo, M.*: 2019. Prosulfocarb at center stage! *Environmental Science and Pollution Research*, 1-7.
- Dewitte, K. – Latré, J. – Haesaert, G.*: 2006. Possibilities of chemical weed control in *Lupinus albus* and *Lupinus luteus*-screening of herbicides. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 71(3 Pt A), 743–751.
- Dimova, D. – Svetleva, D. – Dimitrova, M. – Popov, I.*: 2012. Influence of Diflufenican the Herbicide on Some Biological Traits of Bulgarian Common Bean Cultivar Plovdiv 15M. *AGRO–KNOWLEDGE JOURNAL*, 13(4), 535-546.
- DiTomaso, J.*: 1997. Yellow starthistle: chemical control. In *Proceedings, California Exotic Pest Plant Council Symposium*. California Exotic Pest Plant Council. Sacramento, CA (pp. 81-84).
- Dóka L. F.*: 2019. Pohánka (hajdina). 70–75. In: *Alternatív növények* (Szerk: Pepó P.) Mezőgazda Lap– és Könyvkiadó, Budapest. 259 p.
- Dumont, R. – Serpeille, A.*: 1981. Weed control trials in peas, field beans, vetch and lupins. *Compte Rendue de la Ile Conference du COLUMA*, 379-389.
- EFSA.*: 2008. European Food Safety Authority Scientific Report 2008, Vol.195, 1–115. Conclusion on the peer review of triflurosulfuron. www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/195r.html.

- El-Afifi, S. – Láng, F.:* 1981. Influence of metobromuron and chlorobromuron on the pigments of chloroplast and the photosynthetic activity of bean and pea seedlings. Proc. 21st Hung. Annu. Meet. Biochem., Veszprém, 49.
- Epp, J. B. – Schmitzer, P. R. – Crouse, G. D.:* 2018. Fifty years of herbicide research: comparing the discovery of trifluralin and halauxifen-methyl. Pest Management Science, 74(1), 9-16.
- European Community.:* 2003. Review report for the active substance pendimethalin. Report 7477/VI/98–final. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General, Brussels, Belgium.
- Evans, C. E. – Norris, L. A.:* 1986. Picloram stability in a sample of forest soil during handling and storage. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 37(1), 496-500.
- Evans, S. A.:* 1961. The Control Of Weeds In Spring Cereals With Mcpa, Mcpb And 2, 4-Db. Weed Research, 1(3), 203-210.
- FAO.:* 2025. (Food and Agriculture Organization of the United Nation). Crops and Livestock Products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Letöltve: 2025. november 25.)
- Fennimore, S. A. – Smith, R. F. – McGiffen Jr, M. E.:* 2001. Weed management in fresh market spinach (*Spinacia oleracea*) with S-metolachlor. Weed Technology, 15(3), 511-516.
- Ferrari, R. C. – Cruz, B. C. – Gastaldi, V. D. – Storl, T. – Ferrari, E. C. – Boxall, S. F. – Hartwell, J – Freschi, L.:* 2020. Exploring C4–CAM plasticity within the *Portulaca oleracea* complex. Scientific Reports, 10(1), 14237. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71012-y>
- Folgart, A.:* 2009. Evaluation of Weed Management Practices in White Lupin (*Lupinus albus* L.). A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science 161.
- Friesen, G. H. – Campbell, C. G.:* 1986. Common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) tolerance to herbicides. Weed Science, 34(3), 435-439.

- Friesen, G. H.: 1988. Wild Mustard, *Sinapis arvensis*, Control in Common Buckwheat, *Fagopyrum esculentum*, with Desmedipham and Fluorochloridone. Weed Technology, 2(2), 175-178.
- Fuller, T. – Koch, L. M. – Kucek, L. K. – Ali, S. – Mangelson, H. – Hernandez, T. – Smith, T. P. L. – Bickhart, D. M. – Riday, H. – Sullivan, M. L.: 2023. A reference assembly for the legume cover crop hairy vetch (*Vicia villosa*). GigaByte, 2023.
- Germida, J. J. – Slinkard, A. E. – Nelson, L. M. – McKercher, R. B.: 1986. Effect of herbicides on growth and nitrogen fixation potential (ARA) of field pea and lentil. In Soils and Crops Workshop. 209-224.
- Gfeller, A. – Glauser, G. – Etter, C. – Signarbieux, C. – Wirth, J.: 2018. *Fagopyrum esculentum* alters its root exudation after *Amaranthus retroflexus* recognition and suppresses weed growth. Frontiers in Plant Science, 9, 50.
- Gianessi, L. P.: 2013. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. Pest management science, 69(10), 1099-1105.
- Giese, M. S. – Keese, R. J. – Christians, N. E. – Gaussoin, R. E.: 2005. Mesotrione: a potential selective post-emergence herbicide for turf grass. Turfgrass Soc. Res. J, 10, 100-101.
- Gilbey, D. J.: 1990. Simazine top-up for controlling wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.), doublegee (*Emex australis* Steinh) and other weeds in lupins. Proceedings of the 9th Australian Weeds Conference, 78-81.
- Golubev, A. S.: 2023. Estimation of efficiency of metribuzin to weeds control in coriander crops. The Agrarian Scientific Journal. 2023;(11): 39-43.
- Gonda I.: 2016. A pohánka és termesztése. <https://agroforum.hu/agrarhirek/novenytermesztes/a-pohanka-es-termesztese/> Letöltve: 2022.02.22.
- González-Villagra, J. – Solano, J. – Ávila, K. – Tranamil-Manquein, J. – Tighe-Neira, R. – Ribera-Fonseca, A. – Inostroza-Blancheteau, C.: 2025. Physiological Performance and Grain Yield Components of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Cultivated Under Different N Rates. Plants, 14(13), 2037.

- Gresta, F. – Wink, M. – Prins, U. – Abberton, M. – Capraro, J. – Scarafoni, A. – Hill, G.: 2017. Lupins in European cropping systems. Legumes in Cropping Systems. CABI 88–108. doi: 10.1079/9781780644981.0088
- Grossman, J. – Liebman, A. – Perrone, S. – Sooksan-nguan, T.: 2018. Nitrogen dynamics of hairy vetch (*Vicia villosa*) and red clover (*Trifolium pratense* L.) legume cover crops in organically managed agroecosystems in the northern United States. *Cadernos de Agroecologia*, 13, 1-6.
- Gyawali, A. – Bhandari, R. – Budhathoki, P. – Bhattarai, S.: 2022. Management Practices. *Food Agric. Econ. Rev*, 2, 34-40.
- Habtemariam, S.: 2019. Antioxidant and rutin content analysis of leaves of the common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grown in the United Kingdom: a case study. *Antioxidants*, 8(6), 160.
- Halász, A.: 2003. A fehérvirágú édes csillagfűrt gazdasági jelentősége, termesztésének problémái. *Agrártudományi közlemények*. 10 sz. Debrecen. 122-125.
- Hall, J. C. – Vanden Born, W. H.: 1988. The absence of a role of absorption, translocation, or metabolism in the selectivity of picloram and clopyralid in two plant species. *Weed Science*, 36, 9-14.
- Hanna, H. M.: 2005. Fuel required for field operations (Vol. 571). Ames, IA, USA: Iowa State University, University Extension.
- Haq, S. M. – Lone, F. A. – Kumar, M. – Calixto, E. S. – Waheed, M. – Casini, R. – Mahmoud, E. A. – Elansary, H. O.: 2023. Phenology and diversity of weeds in the agriculture and horticulture cropping systems of Indian Western Himalayas: Understanding implications for agro-ecosystems. *Plants*, 12(6), 1222. <https://doi.org/10.3390/plants12061222>
- Hart, S. E. – Roskamp, G. K.: 1998. Soybean (*Glycine max*) response to thifensulfuron and bentazon combinations. *Weed Technology*, 12(1), 179-184.
- Hatala Z.: 2012. Precíziós kertészeti technológiák gyakorlati alkalmazhatósága. Szakdolgozat. Debreceni Egyetem. Debrecen. 54 p.
- Hillocks, R. J.: 2012. Farming with fewer pesticides: EU pesticide review and resulting challenges for UK agriculture. *Crop Protection*, 31(1), 85-93.

- Hinds-Cook, B. J. – Curtis, D. W. – Hulting, A. G. – Mallory-Smith, C. A.*: 2021. Postemergence grass control options in vetch grown for seed. *Seed Prod. Res.*, 129, 42.
- Hufnagel, B. – Marques, A. – Soriano, A. – Marquès, L. – Divol, F. – Doumas, P. – Sallet, E. – Mancinotti, D. – Carrere, S. – Marande, W. – Arribat, S. – Keller, J. – Huneau, C. – Blein, T. – Delphine, A. – Laguerre, M. – Taylor, J. – Schubert, V. – Nelson, M. – Geu-Flores, F. – Cespi, M. – Gallardo, K. – Delaux, P. – Salse, J. – Bergé, H. – Guyor, R. – Gouzy, J. – Péret, B.*: 2020. High-quality genome sequence of white lupin provides insight into soil exploration and seed quality. *Nat. Commun.* 11:492. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14197-9>
- Hume, L. – Martinez, J. – Best, K.*: 1983. The biology of Canadian weeds. 60. *Polygonum convolvulus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 63, 959-971.
- Hunt, B. – Barrentine, J. – Hayden, T. – Jacobson, B. – Kendig, A. – Krull, M. – Smith, K. L.*: 2015 Pethoxamid-a new herbicide for use in agronomic and horticultural crops. In *Proceedings of 55th Annual Meeting of Weed Science Society of America*, Lexington Vol. 281.
- Hunt, H. V. - Shang, X. - Jones, M. K.*: 2018. Buckwheat: a crop from outside the major Chinese domestication centres? A review of the archaeobotanical, palynological and genetic evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27(3), 493-506.
- Huyghe, C.*: 1997. White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research*, 53(1–3), 147-160.
- Joseph, D. D. – Marshall, M. W. – Sanders, C. H.*: 2018. Efficacy of 2, 4-D, dicamba, glufosinate and glyphosate combinations on selected broadleaf weed heights. *American Journal of Plant Sciences*, 9(6), 1321-1333.
- Juhász C. – Pál V. – Zsombik L.*: 2023a. Results of weed surveys in greening plants. *Acta Agraria Debreceniensis*, (1), 53-57.
- Juhász C., – Mendlerné Drienyovszki N., – Zsombik L.*: 2023b. Analysis of the effects of different herbicides on the development of buckwheat (*Fagopyrum Esculentum* Moench). In: *The 15th International Symposium on Buckwheat: Buckwheat for health*, Institute of Soil Science and Plant Cultivation– State Research Institute, Pulawy, 59-60. ISBN: 9788375623987

- Juhász C., – Zsombik L.: 2023. Különböző gyomirtó szerek hatása a szösös bükköny (*Vicia Villosa* Roth.) fejlődésére. In: 39. Óvári Tudományos Nap: Konferencia: "Az agrár-, élelmiszer- és vidékgazdaság kihívásai": Absztrakt kötet. Szerk.: Molnár Zoltán, Némethné Wurm Katalin, Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár, 93, ISBN: 9786156443243
- Jursík, M. – Soukup, J. – Holec, J. – Andr, J.: 2011. Herbicide mode of actions and symptoms of plant injury by herbicides: Inhibitors of very long chain fatty acid biosynthesis. *Listy Cukrovarnicke A Reparske*, 127(1), 15-19.
- Kádár A.: 2024. Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás. Hetedik átdolgozott, bővített kiadás. 452 p.
- Kalinova, J. – Vrchotova, N. – Triska, J.: 2007. Exudation of allelopathic substances in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(16), 6453-6459.
- Kathare, P. K. – Dharmasiri, S. – Vincill, E. D. – Routray, P. – Ahmad, I. – Roberts, D. M. – Dharmasiri, N.: 2020. Arabidopsis PIC30 encodes a major facilitator superfamily transporter responsible for the uptake of picolinate herbicides. *The Plant Journal*, 102(1), 18-33.
- Khammassi, M. – Chaabane, H. – Chebbi, H. – Belbahri, N. – Nasraoui, R. – Souissi, T.: 2019. Effet du Prosulfocarbe sur le ray-grass (*Lolium rigidum* Gaud.) résistant aux herbicides inhibiteurs de l'ALS et de l'ACCase. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(4), 526-533.
- Khan, M. S. – Chaudhry, P. – Wani, P. A. – Zaidi, A.: 2006. Biotoxic effects of the herbicides on growth, seed yield, and grain protein of greengram. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 10(3), 141-146.
- Kirkwood, R. C. – Dalziel, J. – Matlib, A. – Somerville, L.: 1972. The role of translocation in selectivity of herbicides with reference to MCPA and MCPB. *Pesticide Science*, 3(3), 307-321.
- Kissing Kucek, L. – Azevedo, M. D. – Eagen, S. S. – Ehlke, N. J. – Hayes, R. J. – Mirsky, S. B. – Reberg-Horton, C. – Ryan, M. R. – Wayman, S. – Wiering, N. P. – Riday, H.: 2020. Seed Dormancy in Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Is Influenced by Genotype

- Klicova, S. – Sebanek, J. – Hudeova, M. – Vitkova, H. – Vlasinova, H.: 2002. The effect of fluridone and flurochloridone on the incidence of albinism in pea (*Pisum sativum*) and on the abscission of leaves of privet (*Ligustrum vulgare*). Rostlinna Vyroba – UZPI 48: 255-260.
- Kloppenburg, D. J. – Hall, J. C.: 1990. Efficacy of five different formulations of clopyralid on *Cirsium arvense* (L.) Scop, and *Polygonum convolvulus* L. Weed Research, 30(4), 227-234.
- Knez, M. – Ranić, M. – Gurinović, M. – Glibetić, M. – Savić, J. – Mattas, K. – Yercan, M.: 2023. Causes and Conditions for Reduced Cultivation and Consumption of Underutilized Crops: Is There a Solution? Sustainability, 15(4), 3076.
- Knezevic, M. – Baketa, E.: 1989. Weed control in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in the region of Slavonia. Fagopyrum, 9, 49-52.
- Knott, C. M.: 1996. Tolerance of autumn-sown determinate lupins (*lupinus albus*) to herbicides. Annals of Applied Biology, 128, 52-53.
- Kočárek, M. – Artikov, H. – Voříšek, K. – Borůvka, L.: 2016. Pendimethalin degradation in soil and its interaction with soil microorganisms. Soil & Water Research, 11(4). 213-219. doi: 10.17221/226/2015-SWR
- Kočárek, M. – Kodešová, R. – Kozák, J. – Drábek, O. – Vacek, O.: 2005. Chlorotoluron behavior in five different soil types. Plant, Soil and Environment, 51(7), 304-309.
- Kopsell, D. A. – Brosnan, J. T. – Armel, G. R. – McElroy, J. S.: 2010. Increases in bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] tissue pigments during post-application recovery from mesotrione. HortScience, 45(10), 1559-1562.
- Kousta, A. – Katsis, C. – Tsekoura, A. – Chachalis, D.: 2024. Effectiveness and Selectivity of Pre-and Post-Emergence Herbicides for Weed Control in Grain Legumes. Plants, 13(2), 211. <https://doi.org/10.3390/plants13020211>
- Krawczyk, R. – Adamczewski, K.: 2002. Early post emergence application of Butisan STAR 416 SC for broadleaf weed control in winter oilseed rape. Progress in Plant Protection. Vol. 42, No. 2, 505-507.

- Krupa, M. – Witkowicz, R.: 2023. Biostimulants as a response to the negative impact of agricultural chemicals on vegetation indices and yield of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Agriculture*, 13(4), 825.
- Kruppa, J. – Kuroli, G. – Németh, L. – Reisinger, P. – Csathó, P. – Árendás, T. – Németh, T. – Fodor, N.: 2012. Csillagfürt. 343–355. In: Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2. (Szerk: RADICS L.). Agroinform Kiadó Kft. Budapest. 507.
- Książek–Trela, P. – Bielak, E. – Węzka, D. – Szpyrka, E.: 2022. Effect of three commercial formulations containing Effective Microorganisms (EM) on Diflufenican and Flurochloridone degradation in soil. *Molecules*, 27(14), 4541. <https://doi.org/10.3390/molecules27144541>
- Kukorelli, G. – Czíria, K. – Nagy, L. – Czepó, M.: 2023. *Cirsium arvense* ellen alkalmazott célzott tarlókezelés értékelése. *Acta Agronomica Óváriensis*, 64(2), 51-72.
- Kumar, B. – Kumar, N. – Sirisha, L. – Paswan, D. – Kumar, S.: 2022. Bio-efficacy of pre and post-emergence herbicides on lentil yield, weed control efficiency, weed index, nutrient uptake and economics. *The Pharma Innovation Journal*. 11(8). 1708-1712.
- Lay, M. M. – Niland, A. M.: 1983. The herbicidal mode of action of R-40244 and its absorption by plants. *Pestic Biochem Physiol* 19:337-343.
- Lechón, Y. – Sánchez-Brunete, C. – Tadeo, J. L.: 1997. Influence of the laboratory incubation method on chlorotoluron and terbutryn degradation in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 951-954.
- Lehoczy É. 2004.: A növekvő adagú nitrogén ellátás hatása a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) növekedésére. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 5 (1): 32-41.
- Leila, N. – Sakina, H. – Abdelaziz, B. – Fatiha, M. – Fateh, L. L. D.: 2011. Theoretical study of the inclusion processes of the phenylurea herbicide metobromuron in β -cyclodextrin. *Journal of Biological Sciences* 11, 1, 1-9.
- Lejiņš, A., – Lejiņa, B.: 2009. The Buckwheat role in crop rotation and weed control in this sowings in long term trial. In *Environment Technologies. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Vol. 1, 141-146.
- Lenti I. – Borbély F. – Kövics Gy. – Bozsik A. – Dávid I.: 2008. A lóbab (*Vicia faba* L.) védelme. *NÖVÉNYVÉDELEM*, 44(8), 403-423.

- Levchenko, T. M. – Veresenko, O. N. – Bruhal, F. Y.*: 2018. Вплив гербіцидів на формування вегетативної маси і насіннєвої продуктивності люпину. Наукові доповіді НУБіП України, (1 (71)). doi: 10.31548/DOPOVIDI2018.01.012
- Lithourgidis, A. S. – Dordas, C. A. – Damalas, C. A. – Vlachostergios, D. N.*: 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Australian journal of crop science, 5(4), 396-410.
- Lobos, M. – Miranda, W. – Rampo, M. – Babinec, F. – Raspo, S. – Telechea, P. – Luzzi, M. – Barraco, M.*: 2016. Cultivos de cobertura invernales y herbicidas pre emergentes, incidencia en la densidad de una población natural de malezas. INTA EEA Gral. Villegas–Memoria Técnica, 2017, 23-25.
- Mavromatis, A. – Nianiou–Obeidat, I. – Polidoros, A. – Parissi, Z. – Tani, E. – Irakli, M. – Aliferis, K. A. – Zafeiriou, I. – Mylona, P. V. – i Sarri, E. – Papadopoulou, E. – Tagiakas, R – Kougiteas, L. – Kostoula, S. – Abraham, E. M.*: 2023. Characterization of lupin cultivars based on phenotypical, molecular and metabolomic analyses. Agronomy, 13(2), 370.
- Maxted, N. – Bennett, S. J.*: 2001. Legume diversity in the mediterranean region. Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean, eds N. Maxted and S. J. Bennett (Dordrecht: Springer), 51–75. doi: 10.1007/978-94-015-9823-1_3
- McCauley, C. L. – Johnson, W. G. – Young, B. G.*: 2018. Efficacy of halauxifen-methyl on glyphosate-resistant horseweed (*Erigeron canadensis*). Weed Science, 66(6), 758-763.
- McCurdy, J. D. – McElroy, J. S. – Kopsell, D. A. – Sams, C. E.*: 2009. Mesotrione control and pigment concentration of large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) under varying environmental conditions. Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 65(6), 640-644.
- McGregor, D. B. – Solecki, R.*: 2006. Dimethenamid-p/racemic dimethenamid. Pesticide Residues in Food–2005: Toxicological Evaluations, 189.
- McSteen, P.*: 2010. Auxin and monocot development. Cold Spring Harbor perspectives in biology, 2(3), a001479. doi: 10.1101/cshperspect.a001479

- Mendes, R. R. – Takano, H. K. – Oliveira Jr, R. S. – Adegas, F. S. – Gaines, T. A. – Dayan, F. E.:* 2020. A Trp574Leu target-site mutation confers imazamox resistance in multiple herbicide-resistant wild poinsettia populations from Brazil. *Agronomy*, 10(8), 1057. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081057>
- Mereiter, K.:* 2011. The herbicide triflurosulfuron-methyl. *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 67(7), 1778-1779.
- Mikó, P.:* 2009. A zöldtrágyázás talajállapotra és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata. Gödöllő, Magyarország: SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar. Doktori értekezés. 163.
- Mikóházi D.:* 2010. Pohánka. [In: Radics L (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 1] Agroiinform Kiadó Kft. Budapest. 671-680.
- Mine, A. – Matsunaka, S.:* 1975. Mode of action of bentazon: Effect on photosynthesis. *Pesticide biochemistry and physiology*, 5(5), 444-450.
- Mirsky, S. B. – Wallace, J. M. – Curran, W. S. – Crockett, B. C.:* 2015. Hairy vetch seedbank persistence and implications for cover crop management. *Agronomy Journal*, 107, 2391-2400. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0523>
- Mitchell, G. – Bartlett, D. W. – Fraser, T. E. M. – Hawkes, T. R. – Holt, D. C. – Townson, J. K. – Wichert, R. A.:* 2001. Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 57(2), 120-128.
- Mithila, J. – Hall, J. C. – Johnson, W. G. – Kelley, K. B. – Riechers, D. E.:* 2011. Evolution of resistance to auxinic herbicides: historical perspectives, mechanisms of resistance, and implications for broadleaf weed management in agronomic crops. *Weed science*, 59(4), 445-457.
- Mizik, T.:* 2019. The economic impacts of the 2013 reform on the Hungarian agriculture. *Research for Rural Development*, 2, 14-20.
- Molnár T.:* 2019. A hónap takarónövénye: a tavaszi bükköny. *Szakfolyóirat*. 2019/12. Szántóföld.49.
- Monaco, T. A. – Creech, J. E.:* 2004. Sulfosulfuron effects on growth and photosynthesis of 15 range grasses. *Journal of Range Management*, 57(5), 490-496.

- Moore, R. J.: 1975. The biology of canadian weeds.: 13. *Cirsium arvense* (L.) Scop. Canadian Journal of Plant Science, 55(4), 1033-1048.
- Morales, D. – Miguel, M. – Garcés–Rimón, M.: 2021. Pseudocereals: A novel source of biologically active peptides. Critical reviews in food science and nutrition, 61(9), 1537-1544.
- Neacsu, M. – De Lima Sampaio, S. – Hayes, H. E. – Duncan, G. J. – Vaughan, N. J. – Russell, W. R. – Raikos, V.: 2022. Nutritional Content, Phytochemical Profiling, and Physical Properties of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Seeds for Promotion of Dietary and Food Ingredient Biodiversity. Crops, 2(3), 287-305.
- Nelson, K. A. – Renner, K. A. – Penner, D.: 1998. Weed control in soybean (*Glycine max*) with imazamox and imazethapyr. Weed Science, 46(5), 587-594.
- Nohl-Weiler, C. – Hindersmann, U.: 1986. Several years experience with the herbicide Racer in potatoes. Mit Biol Bund Land–Forst Berlin–Dahlem 232: 350-351.
- Noronha, C. – Liu, S. – Bahar, M. H. – Mosher-Gallant, N.: 2023. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*): its impact on wireworm development and survival. Arthropod–Plant Interactions, 17(4), 429-440.
- Novák R. – Dancza I. – Szentey L. – Karamán J.: 2011. Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein. Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest.
- Novák R. – Toplak P.: 2000. Őszi búza gyomirtása újabban engedélyezett készítményekkel. Gyomnövények, gyomirtás. I. évfolyam, 1. szám, 2000. December, 27-33.
- Oerke, E. C.: 2006. Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science, 144(1), 31-43.
- Ogilvie, C. M. – Ashiq, W. – Vasava, H. B., – Biswas, A.: 2021. Quantifying root-soil interactions in cover crop systems: a review. Agriculture, 11(3), 218. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030218>
- Oliva, J. H.: 2020. Herbicidas preemergentes en el cultivo de *Vicia Villosa* Roth: evaluación de selectividad en un cultivo del Área Central de la Provincia de Córdoba (Doctoral dissertation, Universidad Católica de Córdoba). 25.

- Pál V. – Zsombik L.: 2022. Evaluation of the role of common vetch (*Vicia sativa* L.) green manure in crop rotations. Acta Agraria Debreceniensis, (1), 161-171.*
- Pallett, K. E. – Little, J. P. – Sheekey, M. – Veerasekaran, P.: 1998. The mode of action of isoxaflutole: I. Physiological effects, metabolism, and selectivity. Pesticide Biochemistry and Physiology, 62(2), 113-124.*
- Papastylianou, I.: 2004. Effect of rotation system and N fertilizer on barley and common vetch grown in various crop combinations and cycle lengths. J. Agric. Sci. 142, 41-48.*
- Parasca, S. C. – Spaeth, M. – Rusu, T. – Bogdan, I.: 2024. Mechanical Weed Control: Sensor-Based Inter-Row Hoeing in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) in the Transylvanian Depression. Agronomy, 14(1), 176.*
- Park, S. J. – Hamill, A. S.: 1993. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars to metobromuron. Weed Technology, 7(1), 70-75.*
- Pásztor, G. – Bakocs, M.: 2022. A napraforgó gyomszabályozási technológiájának és herbicid érzékenységének tanulmányozása. GEORGIKON FOR AGRICULTURE, 26(1), 10–20. ISSN 0239 1260.*
- Pawlowska, J. – Dietrych, D. – Kukula, S.: 1997. Effect of weed control in buckwheat on grain and protein yield. Proceedings of 10th Symposium EWRS Poznan, Poland: 184.*
- Pawlowska, J. – Kukula, S.: 1998. Chemical Weed Control in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and its effect on Yield. Advances in Buckwheat Research vn, 17-24.*
- Penner, D. – Leep, R. H. – Roggenbuck, F. C. – Lempke, J. R.: 1993. Herbicide efficacy and tolerance in sweet white lupin. Weed Technology, 7(1), 42-46.*
- Peterson, M. A. – McMaster, S. A. – Riechers, D. E. – Skelton, J. – Stahlman, P. W.: 2016. 2, 4-D past, present, and future: a review. Weed Technology, 30(2), 303-345.*
- Pethe F.: 1805. Pallérozott mezei gazdaság. Sopron. (vol.3). 626.*
- Podolska, G. – Górecka, D. – Russel, H. – Dziedzic, K. – Boguszevska, E.: 2019. Abiotic stress affects the yield and nutrients of buckwheat grains. Zemdirbyste-Agriculture, 106(3). 233-240.*
- Putnam, D. H. – Oplinger, E. S. – Hardman, L. L. – Doll, J. D.: 1989. Lupine, Alternative Field Crops Manual, University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension;*

University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/lupine.html>

Putnam, D. H. – Wright, J. – Field, A. L. – Ayisi, K. K.: 1992. Seed Yield and Water–Use Efficiency of White Lupin as Influenced by Irrigation, Row Spacing, and Weeds. *Agronomy Journal*. 84(4). 557-563.

Radchenko, M. – Guralchuk, Z. – Rodzevych, O. – Khandezhina, M. – Morderer, Y.: 2022. Effectiveness of using the mixtures of herbicides flumioxazine and fluorochloridone in sunflower crops. *Agricultural Science and Practice*, 9(2), 23-37.

Radics L. – Pusztai G.: 2011. Alternatív növények korszerű termesztése. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 294.

Rafalsky, V. V. – Vashchenko, V. M. – Koretsky, A. P. – Tchaikovsky, V. V.: 2018. List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine. Kyiv, 395-618.

Ramirez–Parra, E. – De la Rosa, L.: 2023. Designing Novel Strategies for Improving Old Legumes: An Overview from Common Vetch. *Plants*, 12(6), 1275. <https://doi.org/10.3390/plants12061275>

Raudenbush, Z. – Keeley, S. J. – Thompson, C. – Jugulam, M.: 2021. Dose responses of silvery-thread moss (*Bryum argenteum*) to carfentrazone–ethyl. *Weed Technology*, 35(4), 611-617.

Reddy, T. Y. – Reddy, G. H. S.: 2007. Principles of Agronomy; Kalyani Publishers: New Delhi, India, pp. 384-420.

Reisinger P. – Nagy I.: 1999. Galaj gondok. Növényvédelmi Tanácsok. VIII. évf. 10-11.

Reisinger P., – Borsiczky I.: 2018: A precíziós növényvédelem elmélete és gyakorlata – magyarországi helyzetkép (2018) II. rész. Növényvédelem, 54(10), 431–440.

Renzi, J. P. – Cantamutto, M. A.: 2013. Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-521-470-5.

Renzi, J. P. – Chantre, G. R. – Smykal, P. – Presotto, A. D. – Zubiaga, L. – Garayalde, A. F. – Cantamutto, M. A.: 2020. Diversity of naturalized hairy vetch (*Vicia villosa* Roth)

populations in central argentina as a source of potential adaptive traits for breeding. *Frontiers in plant science*, 11, 189.

Renzi, J. P. – Pérez, A. C. – Chantre, G. R. – Gigón, R. – Reinoso, O. – Quintana, M. – Cantamutto, M. A.: 2022. Suppression of Lolium multiflorum Lam. with Vicia villosa Roth combined with residual herbicides. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 48(1), 111-117.

Renzi, J. P.: 2009. Efecto de la estructura de cultivo y grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y la calidad de semillas de Vicia sativa L. y Vicia villosa Roth., bajo riego. MSc. Thesis, Universidad nacional del Sur, Bahia Blanca, Argentina. 125.

Saha, S. – Yaduraju, N. T. – Kulshrestha, G.: 2003. Residue studies and efficacy of sulfosulfuron in wheat crop. Pesticide Research Journal, 15(2), 173-175.

Sahu, V. – Kewat, M. L. – Verma, B. – Singh, R. – Jha, A. K. – Sahu, M. P. – Porwal, M.: 2023. Effect of carfentrazone-ethyl on weed flora, growth and productivity in wheat. The Pharma Innovation Journal, 12(3), 3621-3624.

Sairam, G. – Jha, A. K. – Verma, B. – Porwal, M. – Dubey, A. – Meshram, R. K.: 2023. Effect of mesotrione 40% SC on weed growth, yield and economics of maize (Zea mays L.). International Journal of Environment and Climate Change, 13(7), 608-616.

Sakaliene, O. – Clay, S. A. – Koskinen, W. C. – Almantas, G.: 2008. Early season weed suppression in buckwheat using clopyralid. Weed Technology, 22(4), 707-712.

Samuel, A. – Dines, L.: 2023. Lockhart and Wiseman's Crop Husbandry Including Grassland (Tenth Edition). [In: Samuel A., Dines L. (szerk) 5 – Weeds of farm crops.] Woodhead Publishing. 115-141, ISBN 9780323857024, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85702-4.00010-8>.

Sanchez, A. – Schuster, T. M. – Burke, J. M. – Kron, K. A.: 2011. Taxonomy of Polygonoideae (Polygonaceae): a new tribal classification. Taxon, 60(1), 151-160.

Sawicka-Sienkiewicz, E. – Galek, R. – Clements, J. C. – Wilson, J.: 2008. Difficulties with interspecific hybridisation in the genus Lupinus. In Lupins for health and wealth. Proceedings of the 12th International Lupin Conference, Fremantle, Western Australia, 14–18 September 2008 135-142.

- Schlosser, H. G. – Hunt, B. – Teicher, H. B.*: 2016. Combination of pethoxamid and picloram (Patent Application Publication No. US 2016/0143281 A1). United States. <https://patentimages.storage.googleapis.com/09/e0/f8/4167a6d8ae4c3b/US20160143281A1.pdf>
- Schmitzer, P. R. – Balko, T. W. – Daeuble, J. F. – Epp, J. B. – Satchivi, N. M. – Siddall, T. L. – Yerkes, C. N.*: 2015. Discovery and SAR of halauxifen methyl: a novel auxin herbicide. In *Discovery and Synthesis of Crop Protection Products*. 247-260.
- Schober, P. – Boer, C. – Schwarte, L. A.*: 2018. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000002864>
- Schulte, M. – Steinheuer, M. – Düfer, B. – Räder, T.*: 2012. Why has terbuthylazine become the basic component of weed control in maize cropping of Central Europe? A benefit assessment. *Julius-Kühn-Archiv* 1 (434), 321-328.
- Secor, J.*: 1994. Inhibition of barnyardgrass 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase by sulcotrione. *Plant Physiology*, 106(4), 1429-1433.
- Sedláková, K. – Straková, E. – Suchý, P. – Krejcarová, J. – Herzig, I.*: 2016. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition –a review. *Acta Veterinaria Brno*, 85(2), 165-175.
- Seiffert, M. – Makowski, N. – Moll, A. – Naumann, S. – Oehme, I. L. – Schulz, H. – Wicke, H. J. – Virsing, F.*: 1981. *Drusch- und Hackfruchtproduktion*; VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag: Berlin, Germany, 399.
- Senseman, S. A.*: 2007. *Herbicide Handbook*, 9th Edn. Lawrence, KS: Weed Science Society of America. 197-199.
- Sharma, P. – Roy, M. – Roy, B. – Deka, S. D.*: 2023. Post Harvest Management Strategies and Storage Approaches for Quality Seed Production. *Emerging Issues in Agricultural Sciences*, 2, 110-129.
- Sharples, C. R. – Hull, M. R. – Cobb, A. H.*: 1997. Growth and photosynthetic characteristics of two biotypes of the weed black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) resistant and susceptible to the herbicide chlorotoluron. *Annals of Botany*, 79(4), 455-461.

- Shield, I. – Stevenson, H. J. – Scott, T. – Leach, J. E. – Crispin, M.: 2000. Evaluating herbicides for crop safety on autumn-sown white lupin. Tests of agrochemicals and cultivars, (21), 11-12.
- Sijahović, E. – Đikić, M. – Gadžo, D. – Terzić, I.: 2012. Allelopathic potential of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary (*Fagopyrum tataricum* L.) buckwheat for weed control in cereals. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2, 529–533.
- Sinden, J. – Jones, R. – Hester, S. – Odom, D. – Kalisch, C. – James, R. – Cacho, O. – Griffith, G.: 2004. The economic impact of weeds in Australia. Technical Series 8; CRC for Australian Weed Management: Glen Osmond, Australia.
- Singh, K. – Garg, V.: 2022. Detection of herbicide Clomazone in freshwater teleost by using HPLC method. Intern. J. Zool. Invest. 8(2): 957-964. <https://doi.org/10.33745/ijzi.2022.v08i02.112>
- Skrzypczak, G. – Pudielko, J. A. – Waniorek, W.: 2007. Assessment of the tank mixture of mesotrione and pethoxamid plus terbuthylazine efficacy for weed control in maize (*Zea mays* L.). Journal of Plant Protection Research, 47(4): 375-381.
- Smatana, J. – Macák, M. – Demjanová, E. – Dalović, I.: 2008. Herbicide weed control in sugar beet. Acta Herbologica, 17(2), 131-135.
- Sofi, S. A. – Ahmed, N. – Farooq, A. – Rafiq, S. – Zargar, S. M. – Kamran, F. – Mousavi Khaneghah, A. M.: 2023. Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. Food Science & Nutrition, 11(5), 2256-2276.
- Solangi, F. – Bai, J. – Gao, S. – Yang, L. – Zhou, G. – Cao, W.: 2019. Improved accumulation capabilities of phosphorus and potassium in green manures and its relationship with soil properties and enzymatic activities. Agronomy, 9(11), 708.
- Soltani, N. – Brown, L. R. – Sikkema, P. H.: 2019. Weed Control in White Bean with Pethoxamid Tank-Mixes Applied Preemergence. International Journal of Agronomy, 2018(1), 2402696.
- Soltani, N. – Willemse, C. – Sikkema, P. H.: 2024. Biologically Effective Dose of Diflufenican for the Control of Multiple Herbicide-Resistant Waterhemp in Soybean.

Journal of Agricultural Science; Vol. 16, No. 8; 42–49 p.
<https://doi.org/10.5539/jas.v16n8p42>

Song, N. H. – Le Yin, X. – Chen, G. F. – Yang, H.: 2007. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. *Chemosphere*, 68(9), 1779-1787.

Söjtöri A.: 2019. Alternatív növények. <https://mezohir.hu/2019/10/21/alternativ-novenyek/> Letöltve: 2021. 09.18.

Stephenson, D. O. – Miller, D. K. – Bond, J. A. – Deliberto, M. A.: 2022. HPPD inhibitor-susceptible soybean growth, yield, and economic return following isoxaflutole and mesotrione applied postemergence. *Weed Technology*, 36(5), 636-642.

Sugimoto, H. – Sato, T.: 2000. Effects of excessive soil moisture at different growth stages on seed yield of summer buckwheat.. *Japanese Journal of Crop Science*, 69, 189-193.

Szpyrka, E. – Słowik-Borowiec, M. – Książek, P. – Zwolak, A. – Podbielska, M.: 2020. The difference in dissipation of clomazone and metazachlor in soil under field and laboratory conditions and their uptake by plants. *Scientific Reports*, 10(1), 3747.

Tadele, Y.: 2015. White lupin (*Lupinus albus*) grain, a potential source of protein for ruminants: A review. *Res. J. Agric. Environ. Manag*, 4, 180-188.

Teasdale, J. R. – Abdul-Baki, A. A. – Bong Park, Y.: 2008. Sweet corn production and efficiency of nitrogen use in high cover crop residue. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 559-565.

Thelen, K. D. – Kells, J. J. – Penner, D.: 1988. Comparison of application methods and tillage practices on volatilization of clomazone. *Weed Technology*, 2(3), 323-326.

Thomas, A. G.: 1980. Manitoba Weed Survey Questionnaire Data 1979. Agriculture Canada, Regina.

Thompson, W. M. – Nissen, S. J.: 2000. Absorption and fate of carfentrazone-ethyl in *Zea mays*, *Glycine max*, and *Abutilon theophrasti*. *Weed Science*, 48(1), 15-19.

Toit, S. A.: 2003. Efficacy and phytotoxicity of simazine and terbutylazine on lupins. *South African Journal of Plant and Soil*. 20:4.188-192.
<https://doi.org/10.1080/02571862.2003.10634933>

- Tominaga, T., – Uezu, T.:* 1995. Weed suppression by buckwheat. Current advances in buckwheat research, 2, 693-697.
- Torbert, H. A. – Reeves, D. W. – Mulvaney, R. L.:* 1996. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. Agronomy Journal, 88(4), 527-535.
- Tóth E.:* 2001. Szulfonilurea típusú herbicidek vizsgálata őszi búza, kukorica és cukorrépa kultúrában. Debrecen. Magyarország. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Növényvédelmi Tanszék. Doktori értekezés. 155.
- Tóth K. – Blazsek K. – Reisner P. – Pinke Gy.:* 2013. A mák gyomnövényzete és gyomszabályozási lehetőségeinek történeti áttekintése. [In: Reisner, P. (Szerk.) Magyar Gyomkutatás És Technológia]. Budapest, 3-16.
- Tóth, Š.:* 2004. Cukrová repa versus buriny. Listy cukrovarnické a řepářské, 4, 130-131.
- Trenton, R. – Carrie, O. – Kelsey, H. – Hannah, W. – Tyler, D.:* 2018 Understanding cover crops. Agric. Nat. Resour. FS2156, 1-8.
- UPOV.:* 2012. International Union For The Protection Of New Varieties Of Plants. <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg032.pdf> accessed on 10th March, 2021.
- Valido, E. – Stoyanov, J. – Gorreja, F. – Stojic, S. – Niehot, C. – Kieft-de Jong, J. – Glisic, M.:* 2022. Systematic review of human and animal evidence on the role of buckwheat consumption on gastrointestinal health. Nutrients, 15(1), 1. <https://doi.org/10.3390/nu15010001>
- Van Der Mey, A. M.:* 1991. Annual lupins reports. In: reports of the research activities of the Oil and Protein Seed Centre, ed. K.W. Pakendorf, Grain Crops Institute, Potchefstroom.
- Varanasi, A. – Prasad, P. V. – Jugulam, M.:* 2016. Impact of climate change factors on weeds and herbicide efficacy. Advances in agronomy, 135, 107-146. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.09.002>
- Vasilakoglou, I. – Vlachostergios, D. – Dhima, K. – Lithourgidis, A.:* 2013. Response of vetch, lentil, chickpea and red pea to pre- or post-emergence applied herbicides. Spanish Journal of Agricultural Research, 11(4), 1101-1111.

- Vieites-Álvarez, Y. – Otero, P. – López-González, D. – Prieto, M. A. – Simal-Gandara, J. – Reigosa, M. J. – Hussain, M. I. – Sánchez-Moreiras, A. M.: 2023. Specialized metabolites accumulation pattern in buckwheat is strongly influenced by accession choice and co-existing weeds. *Plants*, 12(13), 2401. <https://doi.org/10.3390/plants12132401>
- Vighi, M. – Matthies, M. – Solomon, K. R.: 2017. Critical assessment of pendimethalin in terms of persistence, bioaccumulation, toxicity, and potential for long-range transport. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 20(1), 1-21.
- Vila, M. – Beaury, E. M. – Blumenthal, D. M. – Bradley, B. A. – Early, R. – Laginhas, B. B. – Trillo, A. – Dukes, J. S. – Sorte, C. J. B. – Ibáñez, I.: 2021. Understanding the combined impacts of weeds and climate change on crops. *Environmental Research Letters*, 16(3), 034043.
- Wall, D. A., – Smith, M. A.: 1999. Weed management in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Canadian Journal of Plant Science*, 79(3), 455-461.
- Wall, D. A., – Smith, M. A.: 2000. Tolerance of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) to low rates of 2, 4-D and MCPA. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(2), 407-410.
- Wall, D. A.: 1994. Tolerance of five annual broadleaf crops to simulated thifensulfuron: tribenuron (2: 1) spray drift. *Weed Technology*, 8(4), 785-793.
- Walsh, M. J. – Stratford, K. – Stone, K. – Powles, S. B.: 2012. Synergistic effects of atrazine and mesotrione on susceptible and resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations and the potential for overcoming resistance to triazine herbicides. *Weed Technology*, 26(2), 341-347.
- Wassermann, V. D.: 1983. The sweet white lupins (*Lupinus albus*): Possibilities and agronomic practices. *Techn. Commun.* 184, 8.
- Westberg, D. E. – Oliver, L. R. – Frans, R. E.: 1989. Weed control with clomazone alone and with other herbicides. *Weed Technology*, 3(4), 678-685.
- Whaley, C. M. – Armel, G. R. – Wilson, H. P. – Hines, T. E.: 2009. Evaluation of S-metolachlor and S-metolachlor plus atrazine mixtures with mesotrione for broadleaf weed control in corn. *Weed Technology*, 23(2), 193-196.

- White, C. L. – Staines, V. E – Staines, M. V. H.:* 2007. A review of the nutritional value of lupins for dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(3), 185-202.
- Won, K. J. – Uddin, M. R. – Pyon, J. Y.:* 2011. Herbicidal Activities and Crop Injury of Hairy Vetch Residues. *Korean Journal of Weed Science*, 31(2), 175-182.
<https://doi.org/10.5660/KJWS.2011.31.2.175>
- Xu, J. – Liu, X. – Napier, R. – Dong, L. – Li, J.:* 2022. Mode of action of a novel synthetic auxin herbicide halauxifen-methyl. *Agronomy*, 12(7), 1659.
<https://doi.org/10.3390/agronomy12071659>
- Zafeiriou, I. – Polidoros, A. N. – Baira, E. – Kasiotis, K. M. – Machera, K. – Mylona, P. V.:* 2021. Mediterranean white lupin landraces as a valuable genetic reserve for breeding. *Plants*, 10(11), 2403. <https://doi.org/10.3390/plants10112403>
- Želježić, D. – Žunec, S. – Bjeliš, M. – Benković, V. – Mladinić, M. – Lovaković T. B. – Kopjar, N.:* 2018. Effects of the chloro-s-triazine herbicide terbuthylazine on DNA integrity in human and mouse cells. *Environmental science and pollution research*, 25, 19065-19081.
- Zimdahl, R. L.:* 2018. Fundamentals of weed science. Academic press. 758.
- Zimmer, M. – Young, B. G. – Johnson, W. G.:* 2019. Halauxifen-methyl preplant intervals and environmental conditions in soybean. *Weed Technology*, 33(5), 680-685.
- Zohary, D., – Hopf, M.:* 2000. Domestication of Plants in the Old World. Oxford: Oxford University Press.
- Zsombik L.:* 2018. Alternatív fehérjenövények: Lehetőség vagy örök ígéret? *Állattenyésztés és takarmányozás*, 2018.67. 4. 225-236.
- Zsombik L.:* 2019. Pillangós növények a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság portfóliójában. <http://docplayer.hu/142818557-Pillangos-novenyek-a-debreceni-egyetem-agrar-kutatoi-intezetek-es-tangazdasag-portfoliojaban.html>
Letöltve: 2021.09.19.

11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

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

Nyilvántartási szám: DEENK/608/2025.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Juhász Csaba
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10079390

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

1. **Juhász, C.:** Néhány alternatív növényfaj (csillagfürt, tavaszi bükköny, szőszös bükköny, pohánka) szerepe a hazai mezőgazdaságban.
In: A hatékonyabb agráriumért : Tudományos Szakkollégiumi Kiadvány / Rácz Dalma (szerk.), Debreceni Egyetem MÉK, Debrecen, 13-20, 2021.

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

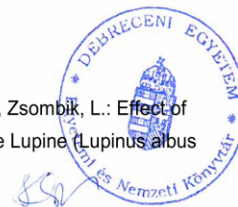
2. **Juhász, C.,** Zsombik, L.: Különböző gombaölő szerek hatása a fehérvirágú csillagfürt (*Lupinus albus* L.) és a tavaszi bükköny (*Vicia sativa* L.) termésmennyiségére és magfertőzöttségére. *Növénytermelés*. 73 (1), 1-18, 2024. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

3. **Juhász, C.,** Pál, V., Zsombik, L.: Results of weed surveys in greening plants. *Agrártud. Közl.* 1 (1), 53-57, 2023. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/12513>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

4. **Juhász, C.,** Mendlerné Drienyovszki, N., Magyarné Tábori, K., Zsombik, L.: Evaluation of Chemical Weed-Control Strategies for Common Vetch (*Vicia sativa* L.) and Sweet White Lupine (*Lupinus albus* L.) Under Field Conditions. *Agronomy*. 15, 1-30, 2025. EISSN: 2073-4395.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy15040916>
IF: 3.4 (2024)
5. **Juhász, C.,** Mendlerné Drienyovszki, N., Magyarné Tábori, K., Radócz, L., Zsombik, L.: Effect of Different Herbicides on Development and Productivity of Sweet White Lupine (*Lupinus albus* L.). *Agronomy-Basel*. 14 (3), 1-19, 2024. EISSN: 2073-4395.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy14030488>
IF: 3.4





6. **Juhász, C.**, Abido, W. A. E., Hadházy, Á., Pál, V., Radócz, L., Zsombik, L.: Effect of Seeding Rates of the Mixture of Rye (*Secale cereale* L.) and Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth.) on Rye Yield.
J. Plant. Prod. 14 (2), 21-29, 2023. ISSN: 2090-3669.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21608/jpp.2023.188098.1205>
7. **Juhász, C.**, Hadházy, Á., Abido, W. A. E., Pál, V., Zsombik, L.: Impact of some herbicides on the growth and the yield of common vetch (*Vicia sativa* L.).
Agron. Res. 21 (1), 135-155, 2023. ISSN: 1406-894X.
DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.23.028>

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

8. **Juhász, C.**, Nagy, M., Mendlerné Drienyovszki, N., Magyaró Tábori, K., Zsombik, L.: Effect of postemergently applied herbicides on the development of sweet white lupine (*Lupinus albus* L.).
In: 2nd international congress on sustainable development in the human environment & current and future challenges : Proceedings book. Ed.: Atlgan Atlgan, Iksad Institute, Antalya, 73-84, 2024. ISBN: 9786258254600

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

9. **Juhász, C.**, Zsombik, L.: Tavaszi búkkönyben (*Vicia Sativa* L.) végzett gyomirtószeres kezelés okozta változások nyomon követése multispektrális képalkotó drón használatával.
In: II. Magyar Agrártudományi Doktoranduszok Szimpóziuma. Szerk.: Hajdú Péter, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 74, 2024. ISBN: 9786156457431
10. **Juhász, C.**, Zsombik, L.: Különböző gyomirtószeres hatása a szöszös búkköny (*Vicia Villosa* Roth.) fejlődésére.
In: 39. Óvári Tudományos Nap : Konferencia : "Az agrár-, élelmiszer- és vidékgazdaság kihívásai" : Absztrakt kötet. Szerk.: Molnár Zoltán, Némethné Wurm Katalin, Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár, 93, 2023. ISBN: 9786156443243
11. **Juhász, C.**, Pál, V., Zsombik, L.: Zöldítő növényekben végzett gyomfelvételezés eredményei.
In: I. Magyar Agrártudományi Doktoranduszok Szimpóziuma.. Szerk.: Hajdú Péter, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Debrecen, 66-66, 2023. ISBN: 9786156457189

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

12. **Juhász, C.**, Magyaró Tábori, K., Mendlerné Drienyovszki, N., Zsombik, L.: An overview of the herbicide options for one of the alternative pseudocereals-buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench).
In: Proceedings of the Plants 2025: From Seeds to Food Security, Barcelona, 31 March - 2 April 2025. Ed.: Dilantha Fernando, MDPI, Basel, 1, 2025.





13. **Juhász, C.**, Zsombik, L.: Assessment of phytotoxic effects of pre- and post-emergence herbicides on buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) to identify selective weed control options.
In: Abstract Book of the 4th European Buckwheat Symposium - Buckwheat: Innovations in Agriculture, Breeding, Nutrition and Sustainability. Szerk.: Magyar-Tábori Katalin, Mendler-Drienyovszki Nóra, Hanász Alexandra, [n.n.], Nyíregyháza, 2025. ISBN: 9789634907350
14. **Juhász, C.**, Zsombik, L.: Results of the fungicide test in sweet white lupine (*Lupinus albus* L.) and common vetch (*Vicia sativa* L.).
In: XXVII. Tavaszi Szél Konferencia 2024 : Absztrakt kötet. Szerk.: Hajdú Péter, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 625, 2024. ISBN: 9786156457523
15. **Juhász, C.**, Mendlerné Drienyovszki, N., Zsombik, L.: Analysis of the effects of different herbicides on the development of buckwheat (*Fagopyrum Esculentum* Moench).
In: The 15th International Symposium on Buckwheat: Buckwheat for health /ed. Grażyna Hołubowicz-Kliza, Institute of Soil Science and Plant Cultivation- State Research Institute, Pulawy, 59-60, 2023. ISBN: 9788375623987

További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

16. Zsigrai, G., Balling, P., **Juhász, C.**: A Teleki 5C és a Kober 125 AA hatása a Furmint T85-ös klón fejlődésére.
In: Az elmúlt évek kutatásai a Tokaji Borvidéken, 2017-2018.. Szerk.: Bihari Zoltán, Tokaji Kutatóintézet Nonprofit Kft., Tarcfal, 19-25, 2018. ISBN: 9786150023007

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

17. Zsigrai, G., **Juhász, C.**: Különböző ökológiai K- és Mn-lombtrágya készítmények hatásának összehasonlító vizsgálata a Tokaji Borvidéken: - a fűrtömeg, a mustminőség és a levélnyel kémiai összetételének változásai.
Szőlő-levé. 10 (5), 32-49, 2020. ISSN: 2677-1756.
18. Zsigrai, G., Bojtó, C., Horváth, É., **Juhász, C.**: Különböző ökológiai K- és Mn-lombtrágya készítmények hatásának összehasonlító vizsgálata a Tokaji Borvidéken: - klorofill fluoreszcencia és NDVI vizsgálatok eredményei.
Szőlő-levé. 10 (4), 40-60, 2020. ISSN: 2677-1756.
19. Zsigrai, G., Balling, P., **Juhász, C.**: A Teleki 5C és a Kober 125AA hatása a Furmint T85-ös klón fejlődésére.
Szőlő-levé. 8 (1), 6-11, 2018. ISSN: 2677-1756.





20. Riczu, P., **Juhász, C.**, Zsigrai, G.: Spektrális távérzékelés lehetősége szőlőültetvények kondíciójának térképezésére.
Szőlő-levél. 8 (5), 4-7, 2018. ISSN: 2677-1756.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

21. Radócz, L., **Juhász, C.**, Tamás, A., Illés, Á., Ragán, P., Radócz, L.: Multispectral UAV-Based Disease Identification Using Vegetation Indices for Maize Hybrids.
Agriculture-Basel. 14 (11), 1-15, 2024. EISSN: 2077-0472.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture14112002>
IF: 3.6
22. Gad, S. B., Abido, W. A. E., Abo-El-Kheer, E. S. A. M., Hadházy, Á., **Juhász, C.**: Induction of Sunflower Plants Resistance to Meloidogyne incognita Infection by Seed Priming Technique.
J. Plant. Prod. 12 (11), 1165-1171, 2021. ISSN: 2090-3669.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21608/JPP.2021.207289>

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

23. **Juhász, C.**: A táblán belüli talajheterogenitások szőlészeti jelentőségének hagyományos és spektrális módszerekkel történő vizsgálata eltérő alanyokra oltott furmint ültetvényekben.
In: XXXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia. Agrártudományi Szekció. Előadás kivonatok. Szerk.: Juhász Csaba; Juhász Lajos; Gyüre Péter; Vári Erzsébet (szerkesztők, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 164, 2019. ISBN: 9789634900788
24. **Juhász, C.**: A talajadottságok és az alany szőlő vegetatív fejlődésre gyakorolt hatásának vizsgálata spektrális módszerrel = The examination of the impact of soil conditions and grape rootstock to the vegetation development with spectral methods.
In: "VII. Kerpely Kálmán Szakmai Napok : A Gyakorlatorientált Oktatásért" c. konferencia kiadvány. Kiadta: a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Szakkollégium, Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Szakkollégium, Debrecen, 22-23, 2017. ISBN: 9789634739593

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 10,4

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 6,8

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

Debrecen, 2025.11.21.



12. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőmnek, **Dr. Zsombik László** tudományos tanácsadónak, aki kutatómunkám során széles körű szakmai, gyakorlati és kutatási tapasztalatával, valamint iránymutatásával jelentősen hozzájárult PhD-dolgozatom elkészítéséhez.

Szeretném kifejezni köszönetemet a **DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetének**, hogy lehetőséget biztosított a kísérletek megvalósítására.

Szeretnék köszönetet mondani **Magyarné Dr. Tábori Katalin** és **Mendlerné Dr. Drienyovszki Nóra** kutató kollegáknak, akik szakmai észrevételeikkel és építő jellegű tanácsaikkal támogatták munkámat.

Külön köszönettel tartozom a Kutatóintézet munkatársainak, kiemelten **Pankotai Anikónak, Kertész Máriának, Tóth Gabriellának** és **Sziklai Zoltánnak**, akik a szántóföldi kutatómunka során segítették a kísérletek kivitelezését.

Köszönöm a támogatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által meghirdetett Kooperatív Doktori Program (KDP-2021) ösztöndíjprogramjának.

Szeretnék köszönetet mondani vállalati szakértőmnek, **Kovács Csomor Zsoltnak**, valamint a **Pannon-Mag-Agrár Kft.-nek** a kutatómunkám során nyújtott folyamatos támogatásukért és együttműködésükért.

13. NYILATKOZATOK

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

Debrecen, ...

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Juhász Csaba** doktorjelölt 2021-20225 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, ...

.....

a témavezető(k) aláírása

14. MELLÉKLETEK

1. melléklet. Fehérvirágú édes csillagfürt gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (Nyíregyháza, 2022-2025)

	Kijutatott mennyiség	NDVI érték				Fitotoxicitás érték				Terméseredmények kg ha ⁻¹			
Kezelések		2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
Preemergens kezelések													
Flumioxazin	0,06 kg ha ⁻¹	0,508ab	-	0,773a	0,667abc	1,47c	-	1,00f	1,00c	745a	-	1847a	1468a
Pendimetalin	5,0 l ha ⁻¹	0,552a	-	0,743abc	0,658abc	1,08c	-	1,42f	1,05c	822a	-	1374ab	1085ab
Dimetenamid-P	1,4 l ha ⁻¹	0,500ab	-	0,750abc	0,649a	1,64c	-	1,17f	1,00c	767a	-	1506ab	1313ab
Petoxamid	2,0 l ha ⁻¹	0,553a	-	0,734abc	0,679abc	1,03c	-	1,42f	1,00c	770a	-	1416ab	1225ab
Klomazon	0,2 l ha ⁻¹	0,559a	-	0,758a	0,671abc	1,31c	-	1,33f	1,00c	812a	-	1906a	1247ab
Metobromuron	3,0 l ha ⁻¹	0,549a	-	0,752ab	0,651abc	1,25c	-	1,08f	1,15c	732a	-	1834a	1237ab
Diflufenikán	0,25 l ha ⁻¹	-	-	0,738abc	0,648abc	-	-	1,83f	1,00c	-	-	1540ab	1257ab
Posztemergens kezelések													
Flumioxazin	0,06 kg ha ⁻¹	-	0,755b	0,742abc	0,488e	-	5,00bc	2,08ef	5,70a	-	1113a	1537ab	446c
Klóróluron	2,8 l ha ⁻¹	-	0,760b	0,719abc	0,566d	-	5,13b	1,92f	2,90b	-	841ab	1597a	926b
Halauxifen-metil	0,4 l ha ⁻¹	-	0,783ab	0,724abc	0,634bc	-	1,38ef	2,25ef	1,00c	-	1430a	1691a	1232ab
Karfentrazon-etil	35,0 g ha ⁻¹	-	0,780ab	0,752ab	0,564d	-	4,00cd	1,17f	3,30b	-	1323a	1672a	894b
Szulfoszulfuron	13,0 g ha ⁻¹	-	0,788ab	0,725abc	0,630c	-	2,25e	1,33f	1,80c	-	1453a	1447ab	1194b
Diflufenikán	0,25 l ha ⁻¹	-	-	0,751abc	0,645abc	-	-	1,50f	1,75c	-	-	1775a	1176b
Kontroll	-	0,556a	0,800a	0,769a	0,674ab	1,00c	1,00f	1,00f	1,00c	718a	1085a	1725a	1172b

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján (p<0,05).

2. melléklet. Tavaszi bükköny gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (Nyíregyháza, 2022–2025)

	Kijutatott mennyiség	NDVI érték				Fitotoxicitás érték				Terméseredmények kg ha ⁻¹	
Kezelések		2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023
Preemergens kezelések											
Pendimetalin	5,0 l ha ⁻¹	0,521a	-	0,820bc	0,685b	3,19ab	-	1,94ef	2,31d	121ab	-
Flumioxazin	0,06 kg ha ⁻¹	0,570a	-	0,855a	0,729ab	1,81c	-	1,06g	1,44de	194a	-
Klomazon	0,2 l ha ⁻¹	-	-	0,857a	0,743ab	-	-	1,00g	1,38de	-	-
Metribuzin	0,55 l ha ⁻¹	-	-	0,845ab	0,732ab	-	-	1,94ef	1,19e	-	-
Posztemergens kezelések											
Flumioxazin	0,06 kg ha ⁻¹	-	0,843ab	0,848ab	0,623c	-	3,88ef	1,81efg	5,00c	-	511abc
Flumioxazin	0,08 kg ha ⁻¹	-	0,853a	0,850ab	0,528d	-	4,00ef	1,50fg	7,06a	-	560abc
Klóróluron	2,8 l ha ⁻¹	-	0,858a	0,826abc	0,690b	-	3,75ef	3,63d	4,69c	-	647a
Klóróluron	3,0 l ha ⁻¹	-	0,853a	0,840abc	0,603c	-	2,38g	2,38e	6,06b	-	467abcd
Metazaklór + Quinmerak	2,0 l ha ⁻¹	-	0,858a	0,854a	0,758a	-	4,63def	1,00g	1,71de	-	633ab
Metazaklór + Quinmerak	2,25 l ha ⁻¹	-	0,860a	0,859a	0,739ab	-	3,38fg	1,00g	1,56de	-	567abc
Kontroll	-	0,523a	0,865a	0,853ab	0,730ab	1,00c	1,00h	1,00g	1,00e	133ab	520abc

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

3. melléklet. Pohánka gyomirtási kísérleteinek NDVI-, fitotoxicitás- és terméseredményei (Nyíregyháza, 2023–2025)

	Kijutatott mennyiség	NDVI érték			Fitotoxicitás érték			Terméseredmények kg ha ⁻¹		
Kezelések		2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Posztemergens kezelések										
Klopíralid	0,2 l ha ⁻¹	0,768a	0,770cdef	0,643a	2,40ef	1,00h	2,13bc	563ab	106abcd	688a
Mezotrion	0,25 l ha ⁻¹	0,728ab	0,752efg	0,633a	4,30bcd	1,00h	1,94bc	533ab	123abc	507ab
Halauxifen-metil + Klopíralid	0,75 l ha ⁻¹	0,763a	0,799abc	0,666a	1,80ef	4,00f	3,0ab	437ab	99abcd	491ab
Halauxifen-metil + Klopíralid	1,0 l ha ⁻¹	0,803a	0,808ab	0,688a	1,80ef	4,33ef	4,31a	533ab	94bcd	513ab
Metribuzin	0,3 l ha ⁻¹	0,795a	0,787abcde	0,637a	2,8def	4,33ef	2,5bc	580ab	169a	638ab
Metribuzin	0,4 l ha ⁻¹	0,785a	0,758defg	0,658a	3,3cde	5,75cd	1,69bc	603ab	115abc	631ab
Kontroll	-	0,793a	0,734g	0,643a	1,00f	1,00h	1,00c	613ab	155ab	524ab

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján ($p < 0,05$).

4. melléklet. Szőszös bükköny gyomirtási kísérleteinek NDVI és fitotoxicitás eredményei (Nyíregyháza, 2024–2025)

Kezelések	Kijutatott mennyiség	NDVI érték		Fitotoxicitás érték	
		2024	2025	2024	2025
Preemergens kezelések					
Pendimetalin	5,0 l ha ⁻¹	0,694cd	0,285i	3,05ef	8,25ab
Flumioxazin	0,06 kg ha ⁻¹	0,759ab	0,585abcd	1,05g	2,17efgh
Flumioxazin	0,08 kg ha ⁻¹	0,767a	0,529de	1,00g	3,17ef
Klomazon	0,2 l ha ⁻¹	0,766a	0,393fgh	1,20g	6,83bcd
Metribuzin	0,3 l ha ⁻¹	0,765a	0,623abc	1,20g	1,50gh
Metribuzin	0,4 l ha ⁻¹	0,750abc	0,562bcd	1,65g	3,42e
Diflufenikán	0,25 l ha ⁻¹	-	0,591abcd	-	2,08efgh
Posztemergens kezelések					
Flumioxazin	0,06 kg ha ⁻¹	0,615ef	0,378gh	5,65cd	6,17d
Flumioxazin	0,08 kg ha ⁻¹	0,658de	0,350hi	5,20d	6,67cd
Klórtofuron	2,8 l ha ⁻¹	0,703bcd	0,405fgh	3,45e	6,67cd
Klopíralid + Pikloram	0,3 l ha ⁻¹	0,321h	-	7,60ab	-
Metazaklór	1,5 l ha ⁻¹	-	0,440fg	-	6,17d
Metazaklór + Quinmerak	2,0 l ha ⁻¹	0,719abc	0,541cde	2,15fg	2,17efgh
Metazaklór + Quinmerak	2,25 l ha ⁻¹	0,765a	0,625ab	1,60g	1,58fgh
Imazamox	2,0 l ha ⁻¹	0,754ab	0,541cde	1,85g	2,83efg
Halauxifen-metil	0,5 l ha ⁻¹	0,497g	0,470ef	6,85ab	5,83d
Halauxifen-metil	0,6 l ha ⁻¹	0,565f	0,385gh	6,50bc	7,78abc
Halauxifen-metil + Klopíralid	1,0 l ha ⁻¹	0,275h	0,282i	7,85a	9,00a
Bentazon	3,0 l ha ⁻¹	0,781a	0,619abc	1,25g	1,53gh
Diflufenikán	0,25 l ha ⁻¹	-	0,592abcd	-	2,58efgh
Kontroll	-	0,779a	0,649a	1g	1,00h

A különböző kisbetűk a kezelések átlagértékei közötti szignifikáns különbségeket jelölik Duncan teszt alapján (p<0,05)