

SZAKDOLGOZAT

Perényi Marianna

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Precíziós mezőgazdasági szakmérnök szakképzés

**DRÓN MONITORING ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGE CUKORRÉPA
GYOMOSODÁS FELMÉRÉSÉRE ÉS HERBICID KEZELÉSEK TERVEZÉ-
SÉRE**

Belső konzulens: Dr. Zalai Mihály

Egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Növényvédelmi Intézet

Integrált Növényvédelmi
Tanszék

Készítette: Perényi Marianna

ZMOUK3

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	2
2. Szakirodalmi áttekintés.....	3
2.1. A precíziós gazdálkodás meghatározása és elterjedése.....	3
2.2. Precíziós növényvédelem	5
2.3. Drónok és alkalmazásuk a mezőgazdaságban.....	8
2.4. A cukorrépa termesztése Magyarországon.....	10
2.5. A cukorrépa növényvédelme.....	11
2.5.1. <i>Betegségek és az ellenük való védekezés.....</i>	<i>11</i>
2.5.2. <i>Kártevők és az ellenük való védekezés</i>	<i>11</i>
2.5.3. <i>Cukorrépa gyomirtás.....</i>	<i>12</i>
2.6. Gyomfelvételezési módszerek a hagyományos és a precíziós gyomszabályozásban.....	14
3. Anyag és módszer	16
3.1. Helyszín.....	16
3.2. Drón monitoring	18
3.3. Helyszíni gyomfelvételezés.....	20
3.4. Térinformatikai feldolgozás	22
3.5. Adatelemzés, statisztikai vizsgálat.....	24
4. Eredmények és értékelésük	24
4.1. Helyszíni gyomfelvételezés.....	24
4.2. Drón monitoring és helyszíni felvételezés összevetése	26
4.1. Kijuttatási javaslat és helyszíni felvételezés összevetése	29
5. Következtetések és javaslatok	35
6. Összefoglalás	36
7. Köszönetnyilvánítás	37
8. Irodalomjegyzék	38

1. Bevezetés és célkitűzések

Magyarország EU-s csatlakozása az egyre szigorodó EU előírások alkalmazásának kötelezettségével is jár. Ezek sok esetben bonyolultabbá, munkaigényesebbé és költségesebbé teszik egyes növények termesztését. Másrészt a rendszerváltás és az EU-ba történő belépés olyan körülményeket teremtett, ami pl. a cukoripar és az alapanyag termesztésének helyzetét nem könnyítette meg. A rendszerváltás kori 12 cukorgyár és 120-130 ezer hektár cukorrépa termőterület mára 1 külföldi tulajdonú cukorgyárrá és szerencsés években 13-15 ezer hektárnyi termőterületre zsugorodott. A cukorrépa szántóföldi termesztett növényeink között kis termőterületű, de értékes kultúra, hiszen bár munkaigényes, az utóbbi években stabilan jövedelmező volt a termesztése.

A cukorrépa növényvédelmi munkáinak jelentős hányada a gyomirtás, ami kémiai eszközök nélkül szinte megoldhatatlan feladat. A gyakorlatban 3-4 kezeléssel lehet számolni, és ha van megfelelő hatékonyságú készítmény, a jó gyomirtó hatás eléréséhez a kezelések időzítése kulcs fontosságú. Mindez folyamatos tábla monitorozást és készenlétet igényel, ami idő és egyéb erőforrás igényes. Ráadásul abban az időszakban, amikor egyéb termesztett növényeknél is munkacsúcs van. Herbicid toleráns fajták esetén a kezelésszám akár 1 posztemergens kezelésre csökkenhet, de ekkor is tökéletes időzítésre van szükség. Ezt könnyítheti és gyorsíthatja a precíziós eszközök, mint a drón és drónfelvételekből nyert információk használata.

A cukorrépa hatékony gyomirtásához értékes támogatást adnak a drónos felvételezések és az így nyert adatok gyors kiértékelése. Egyrészt az időzítés - azaz a tábla nagy részén milyen fejlettségű a cukorrépa és/vagy a meghatározó gyomfaj - könnyíthető meg drónos adatgyűjtéssel. Másrészt kivitelezhetővé válik a foltkezelés, vagy csak a gyomnövények gyomirtó szeres kezelése (pontkezelés). A technika alkalmazásának költsége RGB kamera használatával csökkenthető, így elterjedését kevésbé korlátozhatják anyagi megfontolások. A szakdolgozat keretében végzett munka célja a látható tartományban készült képek felhasználhatóságának elemzése, összevetése a helyszíni gyomfelvételezés eredményeivel. Emellett a drón képek alapján létrehozott gyomirtó szer kijuttatási térkép helyszíni gyomfelvételezéssel való összehasonlítása, a multispektrális felmérésnél alacsonyabb költségű RGB képek gyomirtás tervezésében való felhasználhatóságának elemzése.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A precíziós gazdálkodás meghatározása és elterjedése

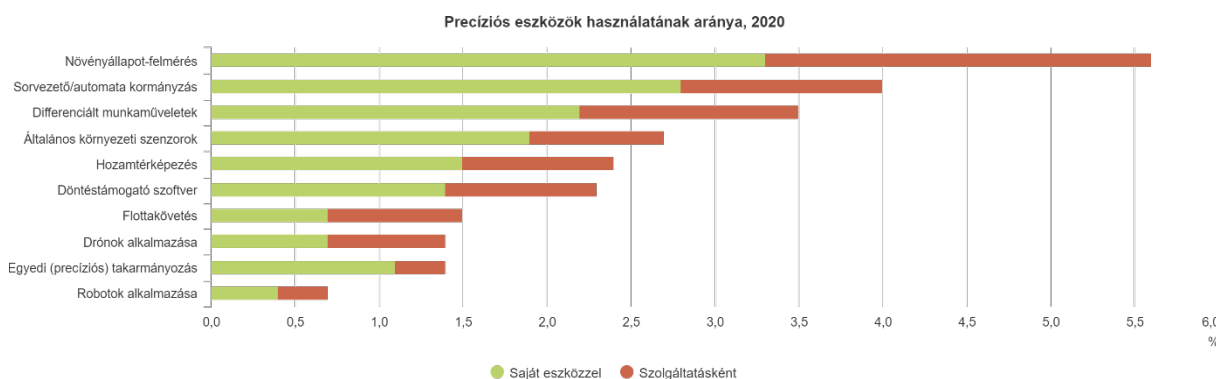
A hazai mezőgazdasági gyakorlatban is egyre inkább ismert és alkalmazott precíziós gazdálkodás definíciója a technológiák és a csatlakozó tevékenységek fejlődésének következtében folyamatosan változik. A korábban főként a növénytermesztést figyelembe vevő ISPA (International Society of Precision Agriculture) definíció 2024 januárjában frissült (<http>¹). Jelenleg így határozza meg a precíziós gazdálkodást: *„a precíziós mezőgazdaság management stratégia, amely növényekről és állatokról időbeli, térbeli és egyedi adatok gyűjtése, feldolgozása, elemzése és egyéb információkkal történő kombinálása révén támogatja a felmért változatosságot figyelembe vevő gazdálkodási döntéseket. Ezzel lehetővé teszi a mezőgazdasági termelés során az erőforrások hatékonyabb felhasználását, a termelékenység, a minőség, a jövedelmezőség növekedését és a fenntartható gazdálkodást.”* Azaz helyspecifikus, egyedi adatokra alapozott döntéseket hoz, és a beavatkozásokat is ilyen módon végzi.

A precíziós gazdálkodás és technológiák elterjedése világviszonylatban változó. Az elterjedést befolyásolják a társadalmi-gazdasági tényezők, az agroökológiai adottságok, technológiai, szervezeti, emberi tényezők és a rendelkezésre álló információk (Gaál, 2020).

A BIS Research 2024-es jelentése szerint (BIS, 2024) a világ precíziós mezőgazdasági piacán megfigyelhető rendkívüli növekedés háttérében a mezőgazdasági termelés optimalizációs és fenntarthatósági törekvései állnak. Előrejelzése szerint az input anyagok felhasználásának optimalizálása jelenti a 2023-2033 közötti időszak húzóerejét ezen a piacon. Ugyanakkor jelzi, hogy olyan globális szintű gátló tényezőket is le kell küzdeni a precíziós technológiák további elterjedése érdekében, mint a nem megfelelő infrastruktúra és tájékoztatás. A gazdálkodók érdeklődésének felkeltéséhez az elérhető precíziós eszközökről, technológiákról, az átállítás/bevezetés előnyeiről és beruházás igényeiről megfelelő információt kell eljuttatni hozzájuk. Emellett a hatékony alkalmazás feltétele a megfelelő képzés és szakmai támogatás, valamint a bevezetést ösztönző programok és kormányzati támogatás. A jelentést záró szakértői vélemény így összegzi a precíziós technológiák jövőjét: „... Az adat vezérelt gazdálkodás felé való elmozdulás számtalan lehetőséget kínál az innovációra és a hatékonyság javítására. Ugyanakkor kezelni kell az olyan kihívásokat, mint a magas kezdeti költségek, a technológiai

összetettség és a hozzáférhetőségi problémák, különösen a fejlődő országokban. Összességében a precíziós mezőgazdaság kulcsfontosságú eleme a fenntartható mezőgazdaság jövőjének, egyensúlyt teremtve a termelékenység növelése és a környezet védelme között.”

A hazai helyzetet és annak változását az utóbbi 9 évben történt felmérések és tanulmányok segítségével nyomon lehet követni. Az Agroinform és a Market Insight 2015-ös felmérése szerint a magyarországi szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozók fele hallott már a precíziós technológiáról. (Kemény et al., 2017). A 2020-as KSH Agrárcenzus – Agrárdigitalizáció felmérési eredménye azt mutatja, hogy hazánkban a gazdaságok 12%-a használ precíziós eszközt (KSH Agrárcenzus, 2020). A vizsgálat eredménye szerint 2020-ban legnagyobb mértékben a növénytermesztésben, ott is a növényállapot felmérése használtak precíziós eszközt, de ez csupán az összes gazdaság 5.6%-át jelenti. (1. ábra). A második legnagyobb felhasználás az automata kormányzás volt, ami valószínűleg a gépekre kiírt pályázatoknak is köszönhető. Az agrárcenzus egyik következtetése, hogy a megfelelő jogszabályi háttérrel és támogatási rendszerrel "a helyspecifikus módon végzett gazdálkodás rohamos terjedésnek indulna Magyarországon”.

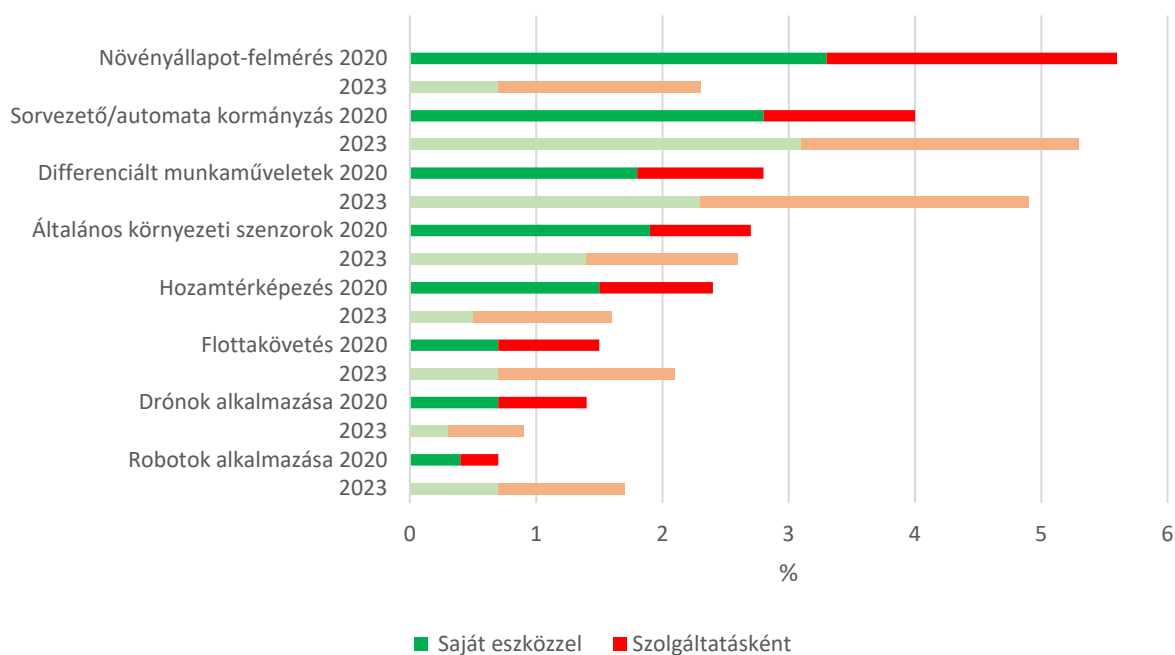


1. ábra: Precíziós eszközök használatának aránya Magyarországon, 2020. (Forrás: Agrárcenzus-Agrárdigitalizáció 2020.)

Az Agroinform 2021-ben elvégzett felmérése (Sajtóközlemény Agroinform, 2021) szerint már a gazdálkodók 80 százaléka tervezte precíziós technológia használatának bővítését a gazdaságban. A Kynetec Hungary Kft. 2023-as, a precíziós gazdálkodás elemeinek használatáról készült felmérése (Puskás, 2023) ezt a bővítést a precíziós gépek elterjedtségében mutatja, ugyanakkor a precíziós eszközhasználat technológiai szintjéről változatos képet kapunk. A felmérés szerint a precíziós gépeket a 300 ha feletti gazdaságok zöme használja, a gazdaság

méretének emelkedésével a használat aránya növekvő tendenciát mutat. Ugyanakkor a precíziós szoftverek és egyéb eszközök, valamint a drónok mezőgazdasági használata még gyerekcipőben jár. Az egyes elemek összekötése további szakértelmet, időt és nem utolsósorban anyagi erőforrásokat igényel.

Hazai viszonylatban a precíziós eszközök használatában 2020-23 között történt változást (Agrárcenzus, 2023) mutatja az Agrárcenzus adatsorok összehasonlítása (2. ábra). Visszaesett a növényállapot felmérés és a drónhasználat mind saját, mind szolgáltatás szinten, feltehetőleg a szabályozás kialakulása/szigorodása miatt. Jelentősen nőtt viszont a differenciált munkaműveleteknél a precíziós technikák alkalmazása, ami a KSH kimutatása szerint a tápanyag-kijuttatás, a vetés/ültetés, a növényvédelem és a gyomtalanítás területén jelent az átlagnál nagyobb arányt. Ebben a kategóriában a szolgáltatás aránya is nőtt, ami arra utalhat, hogy a precíziós gazdálkodás elemeinek összekötése és rendszerben történő elérhetősége is javult.

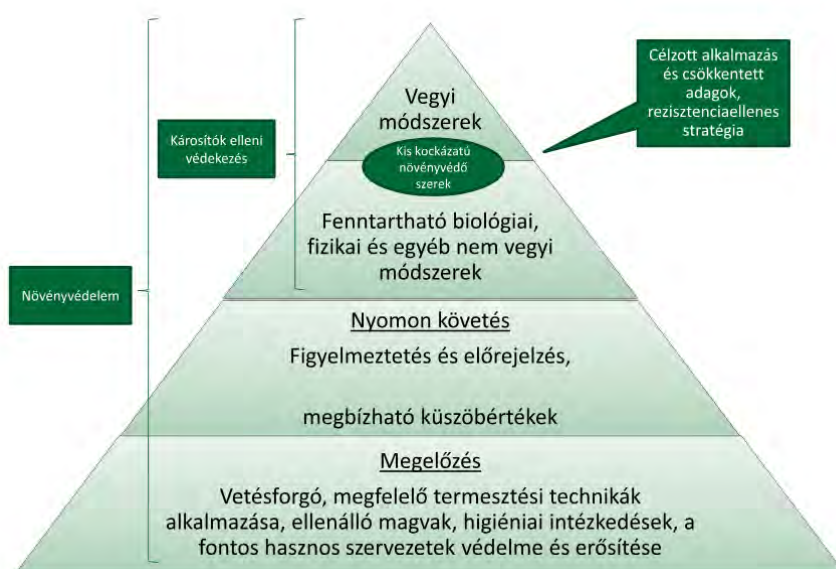


2. ábra: A precíziós eszközök és technikák alkalmazási arányának változása, Magyarország 2022-2023 (Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés)

2.2. Precíziós növényvédelem

Termesztett kultúráink védelmére a 2009/128/EK irányalapelv 2014-től előírja az integrált növényvédelem alkalmazását. Az integrált növényvédelem alapelveit hazánkban a

növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet 8. melléklete tartalmazza. Lényege, hogy a kártétel megelőzésére vagy gazdasági kárt okozó szint alá szorítására a biológiai, biotechnikai, agrotechnikai, mechanikai, fizikai és kémiai védekezési eljárások alkalmazandók. Az alapelveket a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: Az integrált növényvédelem alapelvei (Forrás: Európai Számvevőszék Különjelentés)

Az integrált növényvédelemben a precíziós eszközök, precíziós növényvédelem alkalmazása támogatja a megelőzést, a nyomon követést és előrejelzést, valamint a célzott alkalmazást. Így a precíziós növényvédelem a precíziós növénytermesztéssel együtt, annak részeként megvalósítható és lehetőség nyílik a növényvédelmi kezelések helyspecifikussá tételére.

A növényvédelmi kezelések Digitális Agrárakadémia Precíziós Növényvédelmi Moduljában (Reisinger, 2019) leírt térbeli felbontás szerinti kategóriáiból a következők sorolhatók a precíziós technológiák közé:

- táblarész kezelés: a gyakorlatban alkalmazott módszer. Lehet a táblára a szélekről betelepedő károsítók elleni védekezés (pl. szója atkafertőzés, tábla széli gyomosodás) csak a tábla szélek kezelésével, de a gyomnövények foltkezelése is ide tartozik. Ehhez rendelkezésre állnak precíziós eszközök és szoftverek, melyek segítségével elkészíthetők a management zónák. A kivitelezéshez szakaszolható kijuttató gépre van szükség.

- rácsháló alapú, kezelés: üzemi méretben eredményesen használható precíziós technológia.
- egyedszintű kezelések: fajfelismerésen alapuló technológia, a mesterséges intelligencia és a technológia fejlődése segíti elterjedését. Értékes kertészeti kultúrákban több megoldás is létezik már, szántóföldön a gyomirtásban van lehetőség a fejlesztésre.

Ebben a modulban kerül kifejtésre az is, hogy precíziós növényvédelem természetesen nem minden táblán, kultúrában és nem minden károsító ellen megvalósítható. A helyüket nem, vagy csak kismértékben változtató károsítók ellen alkalmazhatók helyspecifikus védekezési módok. Ilyenek a gyomnövények, nem véletlen tehát, hogy a szántóföldi precíziós védekezési technológiák a gyomirtás területén a legfejlettebbek. A kórokozók elleni védekezésben az elő-rejelzés a fertőzés kezdeti stádiumának felmérésével a további fertőzés elkerülése lehet a precíziós növényvédelem területe. A kártevők közül pedig a kis helyváltoztatással jellemezhető talajlakó károsítók elleni helyspecifikus védekezés a fejlesztések fő iránya.

A védekezések helyspecifikussá tételéhez elengedhetetlen, hogy a termesztett növény védelmére rendelkezésre álljon a növényvédelmi technológia. E szempont szerint a precíziós fejlesztések főként a kukorica és a kalászosok védelmére koncentrálnak. Ezeket a kultúrákat még nem tették védhetetlenné a bevezetőben már említett szabályozások és a jellemző gyomok, valamint az ellenük való védekezési stratégiák is ismertek. A cukorrépa hazai termőterületét tekintve kilóg ebből a sorból, de a gyomproblémák és kezelésük lehetővé teszi a védekezést könnyítő precíziós eljárások használatát.

A helyspecifikus növényvédelmi eljárások fejlesztésekor, bevezetésekor a gazdaságossági szempontokat is vizsgálni kell. Olyan védekezéseket érdemes precíziós alapokra helyezni, amelyeknél a befektetés megtérülése biztosított.

A precíziós növényvédelem végrehajtásához elengedhetetlen a pontos helymeghatározás. Ahogy azt a Digitális Agrárakadémia Precíziós Növényvédelmi Moduljában (Reisinger, 2019.) leírtak tartalmazzák, a műholdas helymeghatározó eszközök könnyen elérhető lehetőséget biztosítanak, de a növényvédelemben használt megfigyelések, mintavételezések és egyéb helyspecifikus adatok gyűjtéséhez pontosságuk (10-30 m) nem elegendő. Ehhez a 2-3 cm-es visszatérési pontosságú RTK (real-time kinematic) rendszer szükséges. Pl. a növényvédelmi célú drónfelvételezéseknél is célszerű RTK modullal ellátott drón használata. A mezőgazdasági

erő- és munkagépek Európában főként földi telepítésű RTK rendszert használnak. Ez igénybe vehető szolgáltatás formájában, de egyszeri beruházási igényű saját bázisállomás telepítéssel is megoldható.

A Digitális Agrárakadémia Precíziós Növényvédelmi Moduljában a döntés-előkészítő algoritmusok ismertetésében (Reisinger et al., 2019) a szerzők megállapították, hogy a megfelelő helymeghatározással begyűjtött információkra alapozva döntéstámogató algoritmusokkal alakítható ki a precíziós technológia. Ezek elkészítése magas szintű agrár szaktudást igényel, de elkészítésükhöz szükség van informatikai, térinformatikai, programozás is gépészeti ismeretekre is. Kézenfekvő, hogy a szükséges tudással rendelkező szakemberek csoportja dolgozzon az algoritmusokon, de ilyen szakemberből, szakember csoportból egyelőre csak kevés van. Ezért a precíziós növénytermesztésben lassan fejlődő és főként az optimális tőszám és tápanyag ellátásra koncentráló terület ez. A precíziós növényvédelem algoritmusainak fejlesztése pedig épp csak a kezdeti lépéseknél jár. Helyspecifikus permetezés megfelelő kivitelezéséhez szükséges az RTK alapú sorvezetés és az elektromos/automatikus szakaszvezérlés. Közvetlen vegyszerbefecskendező rendszer megléte tovább javítja a munka minőségét és hatékonyságát.

2.3. Drónok és alkalmazásuk a mezőgazdaságban

A drónok, azaz az angol szakirodalomból átvett elnevezéssel pilóta nélküli légi járművek (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) története a XIX. század derekán kezdődött, katonai célokra használt járművekkel. Polgári célú felhasználásuk széleskörű elterjedése 2010 körül indult és azóta is rohamosan fejlődik többféle céllal, így a szállítás, a biztonsági szolgálatok, kárfelmérés, a mezőgazdaság, az alpinizmus és a szórakoztatás területén már elterjedt technológiának számít. Napjainkban állami közigazgatási célú felhasználásuk is gyakorlat, az önkormányzatoknál, valamint a környezet- és katasztrófavédelem és -megelőzés területén is alkalmazzák a dróntechnológiát (Márton, 2022).

A drónok használata szabályozott. A szabályozásról, annak változásairól interneten rengeteg forrásból lehet tájékozódni. Így például a Lidrone ([http⁴](http://lidrone.hu)), vagy a Myactioncam ([http⁵](http://myactioncam.hu)) web oldalán elérhető az idei módosításokkal frissített tájékoztató. Röviden összegezve a drónhasználatra vonatkozó általános előírások:

- a 120 g-ot meghaladó tömegű, az adatrögzítő (pl. kamerával felszerelt), vagy a pilótától több mint 100 m-re eltávolodni képes drónokat regisztrálni kell
- az üzemeltetőnek drónpilóta vizsgával kell rendelkeznie
- a drón üzemeltetőjét regisztrálni kell
- felelősségbiztosítást kell kötni
- 120 m repülési magasság felett eseti légtér engedélyt kell kérni
- repülés előtt a légtérhasználatot regisztrálni kell

A gyakorlatban drónos rendszerek (Unmanned Aerial System, UAS) működnek, melynek elemei tágabb értelemben a drón, a drónkezelő (pilóta) és a kiszolgáló személyzet, az energiaellátást biztosító eszközök, a le és felszállást biztosító, valamint egyéb eszközök és a kommunikációs hálózat.

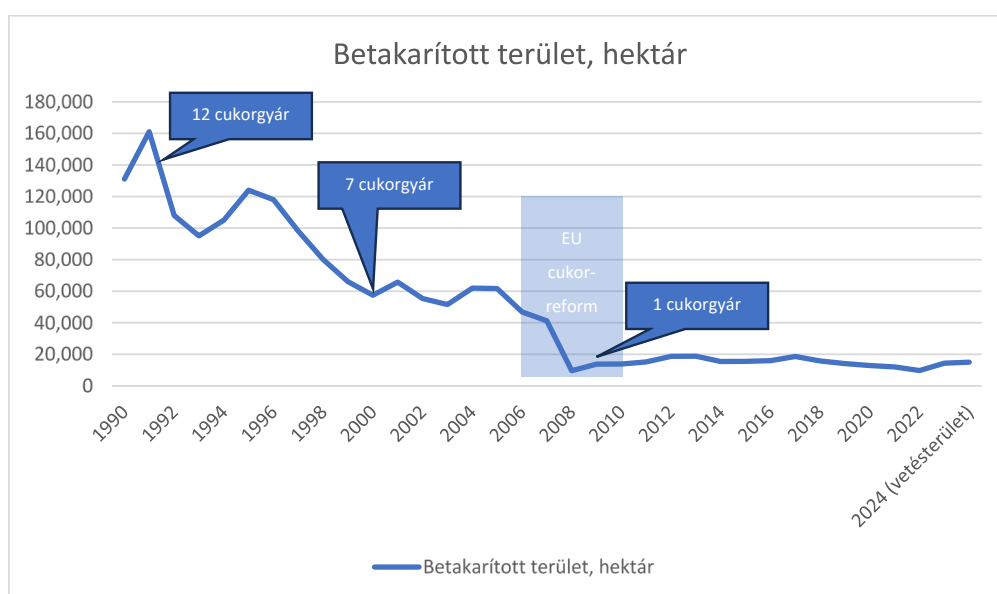
A mezőgazdaságban több területen alkalmazhatók drónok, melyek lehetővé teszik nagy területek gyors és költséghatékony felmérését. Hatékonyak, olcsón működtethetőek, automatizálhatóak és jól használhatóak kis kultúrákban is talajállapottól függetlenül. Adatgyűjtési céllal a növényállomány állapotfelmérésére, tőszámbecslésre, kárfelmérésre (belvíz, vadkár), de különböző anyagok kijuttatására (vetőmag, granulátum, permetlé) is alkalmasak és az agronómiai terv készítésekor is segítséget nyújtanak. Utóbbihoz legalább 5 éves adatsor ajánlott, hogy a talajművelés, vetés, tápanyag utánpótlás és a növényvédelem helyspecifikusan pontosan tervezhető legyen. A légi felvételek segítségével pontos, valós idejű képet kaphatunk az adott terület állapotáról. Ez egy viszonylag olcsó, egyszerű és gyors módszer, mellyel a növényvédelem is hatékonyabbá válhat. A drónos permetezés érdekes terület. Hazánkban a szabályozás letisztulni látszik, a járművek minősítése és engedélye már kidolgozott, de a kijuttatható anyagok egy részénél (kémiai növényvédő szerek) az engedélyezés szabályozása hazai és EU vonatkozásban sem érte még el az ésszerű kivitelezhetőségi szintet. Ha ez a jövőben javul, segíthet a megfelelő minőségű növényvédelmi kezelések elvégzésében akkor is, amikor hagyományos szántóföldi géppel a kijuttatás nem lehetséges, de a fertőzési nyomás indokolja a kezelést (esőzések után nem megközelíthető felázott területek, magas növényállomány).

A drón típusa, felszereltsége a felhasználási célnak megfelelően alakítható: a méret, az érzékelők, a helymeghatározó eszközök, a kamera, az üzemidő és a bővíthetőség széles skáláján lehet az optimális drónt kiválasztani. A növényvédelmi célú helyspecifikus adatgyűjtéshez GPS-

szel és RTK modullal ellátott drón használata szükséges, fajszerű felismeréshez ajánlott legfeljebb 2x2 pixel felbontás.

2.4. A cukorrépa termesztése Magyarországon

A termesztés és a cukorgyárak történetét Horváth Attila Agroinform-ban megjelent cikke (Horváth, 2023) és a Kelemen István, a Cukorrépa Termesztők Országos Szövetségének egykori főtitkárának előadása (Kelemen, 2011) remekül foglalja össze. A cukorrépa jelentős szántóföldi termesztett kultúránk volt az 1990-es évek első feléig. Ennek egyik oka, hogy a rendszerváltásig a cukorgyártás állami monopólium volt és 11 ágazati társaság 12 cukorgyárat üzemeltetett az országban. 1991-ben kezdődött privatizáció során feleslegessé váló gyárak bezárása után 2000-ben már csak 7 gyár üzemelt. Az EU cukorreform hatására pedig végül csupán egy, a jelenleg is üzemelő Magyar Cukor ZRT.-hez tartozó kaposvári gyár maradt az országban. A termőterület változás és a gyárak megszűnésének kölcsönhatását a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: A cukorrépa termőterület változása Magyarországon 1990-2024 között (KSH adatok alapján saját szerkesztés)

A cukorrépa termesztése a 2023-as évben a támogatásokkal együtt jövedelmező volt, és továbbra is jövedelmezőnek tűnik, 2024-ben a hazai vetésterület 20%-kal nőtt az előző évihez képest. A termelés eredményessége azonban nagymértékben függ a cukor világpiaci árának alakulásától és a cukorgyár által felajánlott egyéb szerződési feltételektől is.

2.5. A cukorrépa növényvédelme

2.5.1. Betegségek és az ellenük való védekezés

A cukorrépát vírusos, fitoplazmás, és gombás betegségek mellett kisebb jelentőségű baktériumos fertőzések is károsíthatják. A vírusok elleni védekezésben a nemesítésnek és a toleráns, vagy rezisztens fajták és hibridek megjelenésének - mint a Rizománia rezisztens (R++) fajták - hatalmas szerepe van. A baktériumos, fitoplazmás és vírusbetegségek ellen megfelelő agrotechnikával és utóbbi kettő esetében még a vektorok elleni védekezéssel - csávázás vagy állománykezelés formájában – lehet eredményesen felvenni a harcot (Potyondi et al., 2005).

A gombabetegségek közül legjelentősebb a cercospórák levélragya (*Cercospora beticola*). Gyakorlatilag minden területen megtalálható a kórokozó. A fertőzés mértéke az évjáratától és a termesztett fajta ellenállóságától függően változó. Korai fertőzés esetén 2-3-szori levélváltást is előidézhet, ennek következtében a termés 15-25%-kal, a cukortartalom 0,5-1,5%-kal, az ebből előállított cukor 25-35%-kal csökkenhet. A magrépa termesztésben is jelentős károkat okoz, a vetőmagok csírázóképesége is csökken. A védekezés agrotechnikai eszközökkel és toleráns fajták használatával megalapozható. A kórokozó ellen mostanra gyakorlatilag nem maradt megfelelő hatékonyságú kémiai megoldás. A felszívódó készítmények hatékonyságát általában rézzel kiegészítve lehet bizonyos szintű védelmet elérni. A hazai cukorrépa területeken előforduló egyéb gombás betegségek kisebb jelentőségűek, felsorolás szinten a következők: Cukorrépa lisztharmat (*Erysiphe betae*), Cukorrépa gyökérfekély (*Phoma betate*, *Rhizoctonia solai*, *Aphanomyces* spp., *Phytium* spp., *Fusarium* spp., *Alternaria* spp.), Nyári gyökérrothadás (*Rhizoctonia solani*), Répaperonoszpóra (*Peronospora farinosa*), Réparozsda (*Uromyces betae*). Az ellenük való védekezésben szintén az agrotechnikai eszközök, fungicides állománykezelés, valamint a fiatal kori kórokozók ellen a gombaölő szerek csávázás alkalmazható (Keszthelyi et al., 2022).

2.5.2. Kártevők és az ellenük való védekezés

A cukorrépa kártevők a növény gyökerét és levélzetét egyaránt károsíthatják. Már a kelő répában komoly veszteséget okozhat a lisztes répabarkó (*Bothynoderes punctiventris*) és más barkó fajok, károsíthat a répabolha (*Caetocnema tibialis*) és a törpe répabogár (*Atomaria linearis*) is. A későbbi fejlődési stádiumokban levéltetvek, bagolylepkék, aknázómolyok, répalégy

és számos kisebb jelentőségű kártevő veszélyezteti a cukorrépát. A kártevők ellen agrotechnikai eszközöket és a kémiai növényvédő szereket csávázás és állománykezelés formájában lehet alkalmazni (Keszthelyi et al., 2022).

2.5.3. Cukorrépa gyomirtás

A cukorrépa növényvédelmének legnagyobb részét kitevő szegmens a gyomok elleni hatékony védekezés. A tág térállású és lassú kezdeti fejlődésű cukorrépa érzékeny a gyomosodásra. A gyomok a termés mennyiség és a cukortartalom csökkentése mellett a betakarítási munkák nehezítésével is kárt okozhatnak. A vetéstől számított 8 hétig, a cukorrépa sorok záródásáig ad komoly feladatot a répa terület gyommentesen tartása. Ezt követően a répa már el tudja nyomni az esetleg fejlődésnek induló gyomnövényeket (Kádár, 2024).

A cukorrépa leggyakoribb gyomnövényei a libatop fajok (*Chenopodium spp.*), a disznóparéj fajok (*Amaranthus spp.*), a keserűfű fajok (*Polygonum spp.*), az egynyári szélfű (*Mercurialis annua*), a selyemmályva (*Abutilon theophrasti*), a mezei aszat (*Cirsium arvense*), az szulák keserűfű (*Fallopia convolvulus*), a kaporlevelű ebszékfű (*Tripleurospermum inodorum*), a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), a csattanó maszlag (*Datura stramonium*), a szerbtövis fajok (*Xanthium spp.*), a varjúmák (*Hibiscus trionum*), a kakaslábű (*Echinochloa crus-galli*), a muhar fajok (*Setaria spp.*) és a folyondár szulák (*Convolvulus arvensis*) (Kádár, 2024).

Az 1947-ben kezdődött országos szántóföldi gyomfelvételezések eredményei jól mutatják, hogy az egyes fajok jelentősége hogyan változik a termesztési és éghajlati tényezők változásával. Az első négy felvételezés során cukorrépa táblákon kb. 200 faj, nagyrészt T₄ életformájú, nyárutói egyéves gyomnövények előfordulását jegyezték fel, de jelentős T₁ és T₃ életformájú egyéves és évelő (G₁, G₃) gyomok jelenlétét rögzítették (Potyondi et al., 2005). Az ötödik felvételezés a szántóföldi gyomflórában a parlagfű és a muhar fajok előre törését mutatta (1. táblázat). A 2018-2019-ben zajlott hatodik felvételezés eredményét még nem publikálták. Összefoglalók, a felvételezésről és eredményeiről szóló beszámolók elérhetők, ezekből is leszűrhető az egyes gyomfajok jelentőségének változása. Cukorrépára – a termőterület miatt – külön nem kitérve, de Novák Róbert, a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) gyombiológiai szakértője a XXXII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum Plenáris ülésén tartott előadásában kiemelte a POST gyomirtási technológia megnövekedett arányát és ennek

következtében egyes muhar félék és a termesztett köles magas borítottsági értékeit. A selyemmálya és a fenyércirok is folyamatosan halad előre a rangsorban, utóbbinál a szulfonil karbamidokkal szembeni rezisztencia szerepére is rámutatott (Viniczai, 2023).

1. táblázat: Szántóföldjeink gyakorlatilag jelentős gyomfajai a 2018-2019. évi adatok szerinti fontossági sorrendben (búza, kukorica átlaga)

Gyomnövény magyar neve	Gyomnövény latin neve	1947-53		1969-71		1987-88		1996-97		2007-2008		2018-19	
		Fsor	Borítási %	Fsor	Borítási %	Fsor	Borítási %	Fsor	Borítási %	Fsor	Borítási %	Fsor	Borítási %
Parlagfű	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	21	0,3926	8	0,8734	4	2,5724	1	4,7030	1	5,3300	1	4,4276
Fehér libatop	<i>Chenopodium album</i> L.	3	1,5319	3	2,0662	2	3,0816	4	2,8988	3	3,6635	2	3,4386
Kakaslábfi	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.	9	0,8557	1	3,7280	1	4,4192	2	3,9095	2	4,2542	3	3,1705
Fenyércirok	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.			94	0,0249	18	0,4040	11	0,8204	14	0,8213	4	1,3112
Fakó muhar	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) R. et Sch.	7	1,1054	4	1,9544	7	0,7208	19	0,4872	5	1,6324	5	1,0363
Apró szulák	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1	7,9266	2	2,5144	5	1,9439	7	1,4532	6	1,4829	6	0,9431
Csattanó maszlag	<i>Datura stramonium</i> L.	177	0,0055	59	0,0619	19	0,3847	8	1,0694	9	0,9675	7	0,9388
Szőrös disznóparéj	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	17	0,5079	5	1,4658	3	3,0610	3	3,6290	7	1,4183	8	0,8656
Napraforgó	<i>Helianthus annuus</i> L.	206	0,0030	119	0,0141	16	0,4245	18	0,4892	18	0,5514	9	0,8428
Mezei acat	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2	2,0031	7	1,1245	8	0,7090	5	1,8070	4	1,7724	10	0,8222
Tyúkhúr	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	37	0,1885	20	0,3518	21	0,3791	23	0,3234	29	0,3185	11	0,6765
Szulákkeserűfi	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve	14	0,7110	6	1,1441	11	0,6000	16	0,5210	16	0,5999	12	0,5894
Varjúmák	<i>Hibiscus trionum</i> L.	25	0,2959	11	0,5093	17	0,4065	22	0,3838	19	0,5369	13	0,5478
Pokolvar libatop	<i>Chenopodium hybridum</i> L.	60	0,0723	55	0,0786	33	0,1775	25	0,3078	28	0,3439	14	0,5443
Ebszékfi	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Schultz-Bip.	66	0,0657	26	0,2316	6	1,2984	6	1,5429	8	1,1634	15	0,5164
Selyemmálya	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.			401	0,0001	61	0,0499	24	0,3080	21	0,4916	16	0,5057
Nagy szélhíppan	<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. B.	56	0,0762	36	0,1435	14	0,4617	17	0,4896	12	0,9100	17	0,4683
Borostyánlevelű veronika	<i>Veronica hederifolia</i> L.	140	0,0097	95	0,0234	41	0,1269	52	0,0912	39	0,1567	18	0,4443
Karcsú disznóparéj	<i>Amaranthus chlorostachys</i> Willd.	105	0,0231	18	0,3948	13	0,5691	9	0,9435	11	0,9229	19	0,9229
Pirók ujjasmuhar	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	15	0,6370	24	0,2908	22	0,3637	33	0,1960	23	0,4200	20	0,4112

Forrás: Novák et al. (2020): A Hatodik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés előzetes eredményei. Növényvédelmi Tudományos Napok.

A Vegyszeres gyomirtás és gyomszabályozás című kiadvány (Kádár, 2024) a cukorrépa gyomirtási feladatokat így összegezi: a cukorrépában felhasználható gyomirtó szerek a magról kelő, egyéves gyomok ellen hatékonyak; a táblán az évelő gyomokat az előveteményben lehet eredményesen irtani, de az elővetemény szerválasztásánál ügyelni kell arra, hogy perzisztenciára hajlamos herbicidet ne alkalmazzunk.

A cukorrépa gyomirtás egyik bevált technikája az alapkezeléssel az egyszikű gyomok, majd egy vagy több POST kezeléssel a kétszikű gyomok ellen védekezni. A herbicid toleráns répa fajták és a gyomirtásukra használható herbicid megjelenése lehetővé teszi csak POST kezeléssel is a hatékony gyomirtást, de a hagyományos herbicidek használata is POST irányba tolódik a gyakorlatban – részben az egyre szűkülő hatóanyag palettának betudhatóan (Kádár, 2024).

A táblát a répa kelése után folyamatosan monitorozni kell. A kezelést a tábla gyomviszonyainak, a cukorrépa és a kelő gyomok fejlettségének megfelelően célszerű elvégezni. Ez jelenti a

szerválasztást (nehezen irtható gyomok esetében hatásfokozó/speciális hatásspektrumú gyomirtó szer kombinációs partner), a kezelés időzítését és a kezelések számát.

A cukorrépa gyomirtásban a kezelések időzítése kulcsfontosságú, erről Potyondi et al. (2005), Keszthelyi et al. (2022) és Kádár (2024) hasonlóan írt. Ennek egyik oka, hogy a hagyományos posztemergens gyomirtó szerek a cukorrépa fejlődését is visszafogják, a legyengült, sérült növényeket akár súlyosan károsíthatják is. Ezért a gyomirtó szerek posztemergens alkalmazása általában osztott kezeléssel javasolt:

- a kelő félben lévő, szikleveles, a herbicidekre legérzékenyebb cukorrépa állományban féldózisú stop kezeléssel a gyomosodás kezelhető és a répa sem károsodik
- 2 leveles állományban alacsonyabb dózis alkalmazásával elkerülhető a répa károsodása
- az engedélyezett legmagasabb dózist a répa 4 leveles fejlettségétől ajánlott alkalmazni.

A másik ok, hogy a táblán jelen lévő gyomnövények fejlettségét is figyelembe kell venni a jó gyomirtó hatás elérése érdekében. A készítmények engedélyokirata a részletes technológiai ajánlást és az egyes alkalmazási időpontokban javasolt dózisokat minden növényvédő szer esetén tartalmazza.

Kórokozók, kártevők jelenléte miatt jelentősen károsodott, legyengült állomány herbicid tűrő képessége gyenge. Ilyenkor gyomirtást csak az állomány helyreállta után javasolt végezni. Általánosan érvényes, hogy ne kezeljük gyomirtó szerrel a cukorrépát az alábbi esetekben:

- súlyos rovarkárosítás, vagy betegségek fellépésekor
- 25 °C lég hőmérséklet felett, illetve 22 °C felett, ha az napsütéssel párosul
- eső, illetve harmat esetén, közvetlenül a felszáradás után
- egyéb stressz esetén pl.: vízhiány, szél-, vagy fagykár

2.6. Gyomfelvételezési módszerek a hagyományos és a precíziós gyomszabályozásban

A jó hatékonyságú gyomirtáshoz, a termőterületnek megfelelő technológia kialakításához szükség van a helyi gyomflóra ismeretére. A termelésbe vont táblákon ezt az információt helyszíni gyomfelvételezéssel lehet legjobb minőségben begyűjteni. A külföldi és hazai szakirodalom egyaránt elismeri a helyszíni felvételezés létjogosultságát és a múlt század közepétől folyamatosan fejlődő módszereket mutatnak be a szerzők. A hazai szakemberek a 90-es

évektől már a precíziós technológiák igényeit és lehetőségeit is figyelembe vevő eljárásokat is ismertetnek. Reisinger (in Hunyadi et al.,2011) elkülönít és leír egzakt és becslési módszereket. A becslési módszerek közül a hazai gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott Balázs-Ujvárosi módszert tartja a jövőbeni technológiákhoz legjobban adaptálható eljárásnak, mivel

- matematikailag helyes, az adatok informatikai eszközökkel feldolgozhatók
- nincs speciális eszköz igénye
- megismételhető (azonos helyen)
- gyorsan elsajátítható és elvégezhető
- optikai mérésen alapuló módszerré fejleszthető

A módszer mellett a felvételezés további szempontjai az időzítés, a mintaterek helyének kijelölése és mérete. Az időpont tekintetében meghatározó a felvételezés célja. Kelés utáni gyomirtás tervezéséhez célszerű az állománykezelés előtti időpontot választani, az eredményességet pedig – különösen tág térállású kultúrák, mint pl. a cukorrépa esetén – a sorok záródása előtt érdemes felmérni. A felvételezési helyek kijelölésénél szem előtt kell tartani azt, hogy a teljes tábla gyomviszonyairól szeretnénk tájékozódni. Reisinger (in Hunyadi et al., 2011) a hurokszerű bejárást és felvételezést tartja legmegbízhatóbbnak. Arra is felhívja a figyelmet, hogy a tábla szélek gyomosodás szempontjából általában nem reprezentatívak. A mintaterület nagyságát nem tartja lényegi kérdésnek, a 2x2 m-es területeket általánosan elfogadottnak említi. Németh Imre több szerzőnél, több helyen is idézett véleménye, hogy már 1x1 m-es mintaterület is megfelelő a felvételezéshez.

Nagy (Nagy, 2004) arra a következtetésre jutott, hogy a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez a hagyományos gyomfelvételezési eljárásokat fejleszteni kell. A becslési módszereket pontos földrajzi helyzet meghatározással és rögzítéssel alkalmasnak találta erre a célra. A mintaterületek kijelölésénél nagy szerepet tulajdonít a nem túlzott munkaigényű, de még reprezentatív elv alkalmazásának. A gyomtérképezéshez alkalmas és hatékony módszernek tartja a távérzékelést. Ugyanakkor kitér arra, hogy a gyomok fajszerűtű elkülönítését lehetővé tevő, megfelelő információ tartalmú és gazdaságosan készíthető felvételek jelentik a távérzékelés egyik megoldásra váró területét.

3. Anyag és módszer

3.1. Helyszín

A vizsgálat a Hubertus Agráripari Bt.-hez tartozó Kéthelyi Agro Kft.-nél, egy Kéthely határában található cukorrépa táblán zajlott. A helyszínt biztosító Hubertus Agráripari Bt. tevékenysége sokoldalú, növénytermesztés mellett állattenyésztéssel, húsfeldolgozással és vendéglátással is foglalkozik. A Hubertus Bt. 9000 hektárnyi területből mintegy 2400 hektáron folyik szántóföldi növénytermesztés, főbb termesztett kultúráik őszi kalászosok, őszi káposztarepce, napraforgó, kukorica, silókukorica, silócirok, cukorrépa és szója. Emellett 2000 ha területet használ legelőként, és 2000 ha erdő is tartozik hozzá. A szántóföldi növények közül 7 szerepel a kéthelyi egység vetésszerkezetében, mely a 2. táblázat szerint alakult a 2023/2024-es szezonban.

2. táblázat: Kéthelyi Agro Kft. Vetésszerkezet, 2023/2024

Termesztett növény	Vetésterület (ha)
őszi búza	347
őszi árpa	53
őszi káposztarepce	244
napraforgó	125
kukorica	186
cukorrépa	37,5
lucerna	26

A cukorrépa terület aránya a Hubertus Bt.-nél 5%, a kéthelyi egységnél 4%, ami egyrészt jelzi ennek a kultúrának a súlyát a magyarországi szántóföldi növénytermesztésben. Másrészt a cukorgyár közeli termesztő körzetébe tartozó területen (jellemzően az ország DNY-i megyéi) logikusan magasabb, mint az ország egyéb régióiban.

A vizsgálat helyszínéül szolgáló KÉ3/Tótút tábla Somogy vármegye ÉK-i részén, Kéthely DK határában van. Az elhelyezkedés és a táblahatár a 4. ábrán látható. A táblán 2024-ben Conviso SMART rendszerű cukorrépa termesztést folytatnak. A tábla adatait a 3. táblázat tartalmazza. A viszonylag késői, május végi felvételezést a késői vetés és az elhúzódó kelés tette lehetővé.

3. táblázat: KÉ3/Tótút, tábla adatok

Tábla neve:	KÉ3/Tótút
Tábla blokkazonosítója:	RUQ9MF21
Tábla mérete:	22.33 ha
Talajtípus:	barna erdőtalaj
Elővetemény:	őszai búza (SY Falado), takarmánykeverék (Attila Pk)
Termesztett növény:	cukorrépa (KWS SMART Rossada)
Vetés ideje:	2024.04.05.
Tápanyag utánpótlás:	2024.03.26. 3,5972 t - Amosulfan NS 20-24 4,6042 t Karbamid N46 2024.05.27. 20,927 l Tuttofertí Bór
Növényvédelmi kezelések:	PRE 1,9 l/ha Goltix 700 SC POST1 0,5 l/ha Conviso ONE, 1 l/ha Melius olaj POST2 0,5 l/ha Conviso ONE, 0,075 l/ha Decis Forte 1,2 l/ha Melius olaj



5. ábra: KÉ3/Tótút tábla

3.2. Drón monitoring

A drónos felvételezés 2024. 05.29-én 9.00-13.00 között történt, RTK modullal felszerelt DJI Mavic3 ENTERPRISE drónnal (5. ábra). Ez egy széles látószögű kamerával is rendelkező kisméretű felmérő drón. Felszereltsége alkalmassá teszi elmosódás mentes képek készítésére, melyek összefüggő képpé fűzhetők össze.



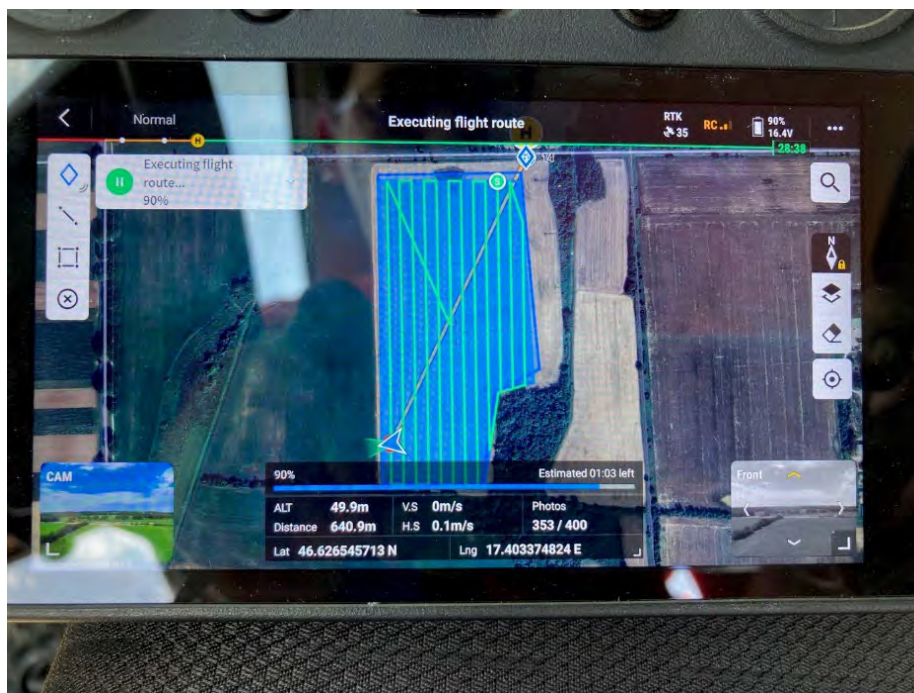
6. ábra: DJI Mavic ENTERPRISE

A DJI Mavic 3E drón fejlett akadályérzékelő képessége segítségével képes követni a földfelszín egyenetlenségeit, így munkavégzés közben automatikusan korrigálja a repülési magasságát. Ezáltal változatos domborzatú tábla vagy ültetvény felmérése is lehetővé válik. A drón RTK modullal, korrekciós jelszolgáltatást igénybe véve centiméteres pontosságú helymeghatározásra képes. A rendszer segítségével pontosan rögzíthető a drónfelvételeken látható eltérések táblán belüli helye, így azok későbbi felmérő repülés, terepi bejárás vagy szerkijuttatás céljából könnyen felkereshetők.

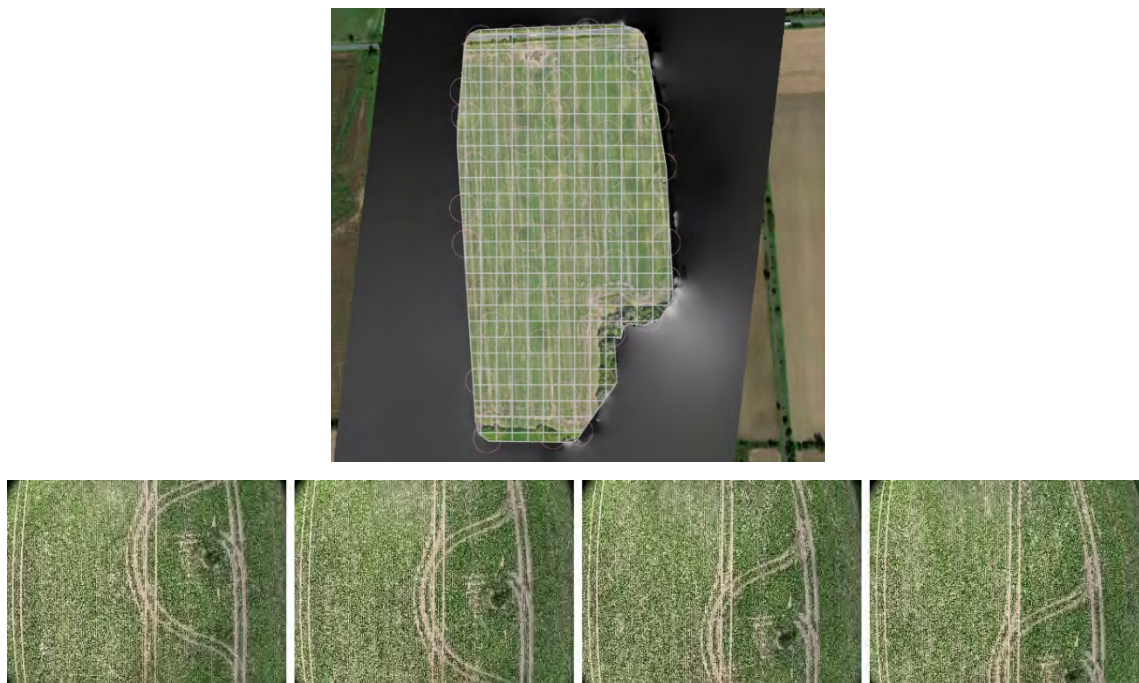
A távirányító nagy fényerejű, napfényben is jól látható beépített érintőképernyővel rendelkezik (6. ábra). A felmérést végző drón rendelkezett RTK modullal (RTK szolgáltató: Magtár Kft.), így a navigáció megfelelő pontosságú volt. A felmérés során a drón széles látószögű RGB kamerája 60%-os oldalirányú átfedéssel, 50 m-es repülési magasságon 400 db fotót készített a látható tartományban, 5280x3962 pixel méretben 72 dpi felbontással. A drón által készített kamera képek közül a „B” kontroll területet fedő fotók a 7. ábrán láthatók.

A kamera felvételekből elkészült a tábla ortofotó (7. ábra). A drónos felvételezés elsődleges célja az volt, hogy a táblán későbbi precíziós gyomirtásához kijuttatási térkép készüljön. A felvételek alapján a gyomokról megfelelő program segítségével térinformatikai adatbázist hoztak

létre a Bayer CP Innovation Lab munkatársai. Az az adatokból az általuk használt algoritmussal elkészült a javasolt gyomirtó szer kijuttatási térképet is. Az ehhez a munkához készített drón-felvételeket használtam fel a szakdolgozatban. A helyszíni felvételezés időpontjában a javasolt kijuttatási térkép nem volt még ismert.



7. ábra: Repülési adatok és térkép megjelenése a távirányító képernyőn



8. ábra: KÉ3/Tótút tábla ortofotó és „B” kontroll területet kamera képek

4. táblázat: DJI Mavic ENTERPRISE főbb műszaki paraméterek (<http>⁶)

Rotorok száma	4
Működési frekvencia	2.400-2.4835 GHz; 5.725-5.850 GHz
Maximum repülési távolság	8 km (CE)
Akadálykerülés	Omnidirekcionális binokuláris látórendszer, infravörös érzékelővel kiegészítve a drón alján
Széles látószögű kamera tulajdonságai:	Szenzor: 4/3 CMOS, 20 MP, FOV: 84°, 24 mm, f/2.8-f/11, fókus: 1 m - ∞ ISO tartomány: 100-6400 Zársebesség: Elektronikus zár: 8-1/8000 s, Mechanikus zár: 8-1/2000 s Képfelbontás: 5280x3956 px Videófelbontás: 4K: 3840x2160@30fps, 1920x1080@30fps H.264 Videóbitráta: 130 Mbps, FHD: 70 Mbps
Telekamera tulajdonságai:	Szenzor: 1/2 CMOS, 12 MP, FOV: 15°, 162 mm, f/4.4, fókus: 3 m - ∞ ISO tartomány: 100-6400 Zársebesség: Elektronikus zár: 8-1/8000 s Képfelbontás: 4000x3000 px Videófelbontás: 4K: 3840x2160@30fps, 1920x1080@30fps H.264 Videóbitráta: 130 Mbps, FHD: 70 Mbps
Navigáció	GPS+Galileo+GLONASS+Beidou (GLONASS csak akkor aktív, ha RTK modul be van kapcsolva)

3.3. Helyszíni gyomfelvételezés

A helyszíni gyomfelvételezés a drón felvételek készítésével egyidőben, 2024. 05.29-én 9.00-13.00 között történt. A táblán a felvételezés időpontjában már PRE és POST gyomirtást végeztek. A táblán lévő villanyoszlopok melletti fordulóban azonban kezeletlen területek maradtak, így 2 kezeletlen kontroll felvételezést tudtam végezni ezeken a részeken.

A kezeletlen kontroll területek sarokpont koordinátái a helyszínen rögzítésre kerültek, pontosabb eszköz híján mobiltelefonnal. A későbbiekben az adatok térinformatikai feldolgozása során ezeket a koordinátákat felhasználva hoztam létre a kezeletlen kontroll poligonokat (8. ábra).

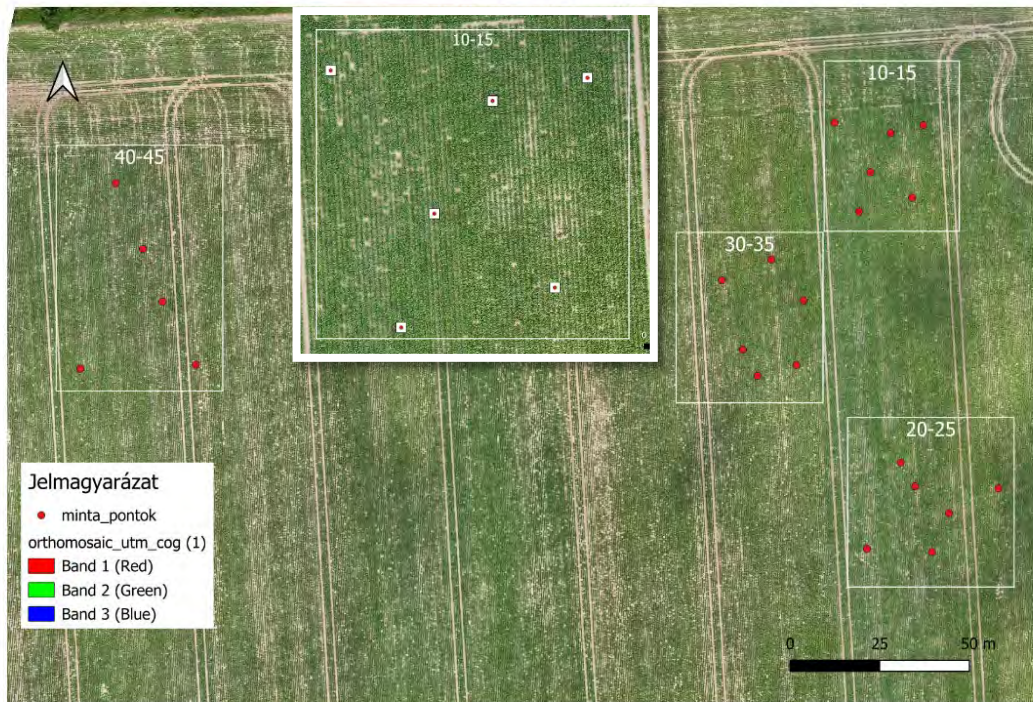
A tábla kezelt részén a gyomviszonyok felmérésére pontszerű mintavételi technikát alkalmaztam. A kezelt területen – a korábban elvégzett jó hatékonyságú gyomirtások miatt – vizuális szempontok alapján véletlenszerűen kerültek kijelölésre felvételi pontok.



9. ábra: „A” és „B” kontroll terület

A tábla bejárásakor a táblaszéleket és a forgókat kihagyva – hiszen ezeken a részeken a gyomviszonyok a táblára nézve nem tekinthetők reprezentatívnak – gyommentes (jó hatékonyságú gyomirtás) és részben, vagy egészben épen maradt gyomnövény foltoknál is jelöltem ki mintapontokat. A mintapont számozása a táblán belüli elhelyezkedésére utal: 10-15 az „A” kontroll terület közelében, 20-25 a „B” kontroll terület közelében, 30-35 a tábla északi részének közepén, 40-45 pedig a tábla nyugati szélén (9. ábra).

A mintapontok koordinátáit a kezeletlen kontroll helyszínekével egyező módon vettem fel. Ezek körül a pontok körül 1x1 m-es mintaterületeken értékeltem a gyomosodást. A már elvégzett, jó hatású gyomirtás miatt itt a borítottságot becsülni nem volt érdemes. Ezért a mintaterületeken megtalált gyomfajok darabszámát rögzítettem a helyszíni felvételezés során.



10. ábra: Mintapontok és mintaterületek

3.4. Térinformatikai feldolgozás

Az adatok feldolgozását a QGIS 3.32.3-Lima és 3.34.9-Prizren verziójával végeztem. A drón felvételekből készült ortofotó CRS-e EPSG:32633 - WGS 84 / UTM zone 33N. Gyakorlati okokból ez volt a beállítás a QGIS munka fájlban is, ami egyben lehetővé tette, hogy méter alapú beállításokkal dolgozzak. A telefonon rögzített WGS84 koordinátákat UTM 33 koordináta rendszerbe konvertálva (epsg.io) a QGIS-ben a projekt vetületi rendszerét is utóbbira beállítva végeztem a munkát.

A kezeletlen kontroll sarokpont koordinátákat csv fájlból importáltam, majd a „points to path” és a „lines to polygons” funkciók segítségével került a projektbe a kezeletlen kontroll területeket reprezentáló poligonok (8. ábra).

A mintapontok helyszínen felvett koordinátáit a projekt vetületi rendszerébe transzformálva csv fájlban rögzítettem az 5. táblázat szerint. Ezekből a QGIS Layer/Add Layer=Add delimited text layer funkcióval kerültek a projektbe a mintapontok, melyek körül az 1x1 méteres mintaterületeket a QGIS Vector/Geoprocessing/Buffer funkció segítségével hoztam létre (9. ábra). A projektben felvettem még a táblahatár poligont is, valamint az ortofotó és a Google satellite rétegeket is importáltam.

5. táblázat: Mintapont azonosítók és koordináták (EPSG:32633 - WGS 84 / UTM zone 33N)

	koordináták	
mintaID	X	Y
10	684219.006372	5167007.673583
11	684209.851030	5167005.435381
12	684194.247451	5167008.382749
13	684204.232082	5166994.550125
14	684215.857199	5166987.424230
15	684201.046077	5166983.569696
20	684239.907433	5166906.330817
21	684226.135996	5166899.439691
22	684221.397605	5166888.599971
23	684203.265399	5166889.485432
24	684216.700889	5166906.899388
25	684212.675094	5166913.534465
30	684183.611040	5166940.730467
31	684172.728447	5166937.740840
32	684168.599763	5166945.032816
33	684185.552901	5166958.710194
34	684176.573784	5166970.166667
35	684162.745561	5166964.376221
40	683993.629890	5166991.492398
41	684001.222896	5166973.126842
42	684006.688076	5166958.448906
43	684015.996933	5166940.848007
44	683983.777673	5166939.723762
45	683993.145155	5166897.190394

A drónfelvétel alapján készült kijuttatási térképen pontok szerepelnek, ezek 50 cm sugarú körzetében javasolt a gyomirtó szerek kezelése elvégzése. Ezért a kijuttatási pontok körül 50 cm sugarú puffer zónákat vettem össze a helyszíni felmérés 1x1 m-es mintaterületeivel.

A drón kamera képei a látható tartományban készültek, a vegetáció értékeléséhez az ortofotó RGB sávjából számítható vegetációs indexeket kalkuláltam. A gyomosodással nagyobb zöldtömeget, így a gyommentes területtől eltérő vegetációs indexet feltételeztem. Speciálisan cukorrépa állományra használt indexet a szakirodalomban nem találtam, ezért a Bíró által leírt (Bíró, 2023) 16 különbözőnek tekinthető RGB indexből 4 vegetációs index, az NGRDI, a VDVI, a SAVI és az RGBVI számítását végeztem el.

3.5. Adatelemzés, statisztikai vizsgálat

A látható tartományban készült felvételek R, G és B csatorna értékeit a MS Excel alkalmazásba exportálva az Analysis Tool segítségével vizsgáltam. Az RGB indexek számítását QGIS (raster calculator), illetve MS Excel alkalmazásban végeztem el. A bejárt táblarész adataival dolgoztam, ehhez az ortofotóból kivágott mintaterület és javasolt kijuttatási zóna részeket használtam fel. Kivágás után a 0 reflektancia értékeket kizártam a további vizsgálatból. Ezzel az ortofotó adatartalmából is történt adatvesztés, de a kivágásban nem szereplő részek figyelmen kívül hagyásával adattisztítás valósult meg. A MS EXCE Analysis Tool Egytényezős varianciaanalízis eredményei alapján értékeltem a helyszíni felvételezési eredmények és a képi tartalom összefüggését.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Helyszíni gyomfelvételezés

A kezeletlen kontroll területen végzett gyomfelvételezés alapján a kéthelyi KÉ3/Tótút tábla gyomfajokban gazdag, a gyomnyomás erős. A területen kultúrnövény termesztése megfelelően hatékony gyomirtás nélkül nem megvalósítható. Az uralkodó gyomnövények a kakaslábű (ECHCG), a fehér libatop (CHEAL), az ürömlevelű parlagfű (AMBEL), a selyemmályva (ABUTH) és a disznóparéj (AMARE). Ezek mellett a kezeletlen kontroll területen kisebb borítással azonosítottam a még az 6. táblázatban szereplő egyéb gyomfajokat is.

6. táblázat: Helyszíni gyomfelvételezés eredménye a kezeletlen kontroll területen

Gyomnövény EPPO kód	Borítottság a kezeletlen kontroll területen (%)	
	A	B
CHEAL	35	35
ECHCG	30	10
AMBEL	5	10
ABUTH	5	10
AMARE	5	10
AMACH	2	5
POLLA	2	1
MATIN	2	1
EQUAR	<1	<1
STEME	<1	<1
SOLNI	<1	<1
CAPBP	<1	<1
CIRAR	<1	<1

A felvételezés idejére már elvégzett gyomirtó szeres kezelések hatékonysága kiváló volt. A táblán viszont már megtalálhatók voltak az újabb gyomkeelési hullám korai fejlettségi állapotú gyomnövényei. Emellett fitotoxikus tüneteket nem, vagy csak kisebb-nagyobb mértékben mutató fejlettebb gyomok is előfordultak. A kezelt részen kijelölt mintaterületeken megfigyelhető volt szik-4 leveles fejlettség közötti selyemmályva (ABUTH) és 1-5 leveles fejlettségű kakaslábfű (ECHCG).



11. ábra: Gyommentes mintaterület (fent) és a táblán és észlelt (lent) gyomok

Részleges gyomirtó szer hatást mutató, különböző fejlettségi állapotú (5-20 cm közötti) fehér libatopot (CHEAL) és erős fitotoxikus tüneteket mutató mezei aszatot (CIRAR) is találtam (11. ábra). Előbbi esetében az okot javasolt tisztázni (permetezési hiba/rezisztencia/takarás/egyéb). A cukorrépa sorokban és a sorközökben is találtam gyomokat. A sorközökben inkább a korai stádiumú, míg a sorokban, a cukorrépa tövek közelében, vagy a levelek részleges takarásában inkább a fejlettebb gyomok fordultak elő. A helyszíni felvételezés során a kezeletlen kontrollban megfigyelt gyomok közül tehát 4 faj fordult elő a kezelt területen, jellemzően alacsony egyedszámmal.

Ahol gyomnövény megfigyelhető volt, ott a gyomok herbicid érzékeny fejlődési stádiumában ismételt gyomirtás javasolt. A részletes felvételezési eredményeket és az ezen alapuló beavatkozási javaslatot a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A mintaterületek felvételezési eredménye és beavatkozási javaslat

mintaID	ECHCG	CHEAL	ABUTH	CIRAR	Gyomirtási javaslat (1=javasolt, 0=nem javasolt)
	db/m ²				
10	0	1	0	0	1
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	1	4	0	0	1
14	4	0	1	0	1
15	1	1	0	0	1
20	0	0	4	3	1
21	2	0	0	0	1
22	2	0	1	0	1
23	0	0	0	0	0
24	0	0	2	0	1
25	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
31	2	1	0	0	1
32	2	0	2	0	1
33	0	0	0	0	0
34	0	0	3	0	1
35	1	0	1	0	1
40	1	0	0	0	1
41	0	0	2	0	1
42	3	3	2	0	1
43	0	0	2	0	1
44	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0

Ahogy a 7. táblázatból látható, a kezelt területen a helyszíni bejárásakor a gyomokat kis egyedszámmal lehetett észlelni. Ez azonban a mintaterületek 66%-án indokol újabb növényvédelmi beavatkozást.

A helyszíni gyomfelvételezés eredményeit ezt követően a drónos felvételezéssel és az annak alapján készült javasolt kijuttatási térképpel hasonlítottam össze.

4.2. Drón monitoring és helyszíni felvételezés összevetése

Első lépésben a felvételezés adatait vizuálisan hasonlítottam össze a látható tartományban készült drón felvételekkel. A helyszínen megfigyelt gyomokat sem a nyers drón képeken,

sem az ortofotón nem sikerült ezzel a módszerrel beazonosítani. A vizuális azonosítást nehezítette, hogy a táblán a cukorrépa kelése elhúzódó, egyenetlen, fenológiája pedig heterogén volt. Emellett a kezelés utáni kelési hullám gyomnövényei korai fejlődési stádiumúak, kisméretűek voltak. A helyszíni és a drónfelvételezés időzítésének optimalizálásával, azt a cukorrépa kelése utáni gyomirtást megelőzően végezve, a nyers képek és az ortomozaik a gyomok vizuális elkülönítésére is alkalmasabbá válhatnak.

A vegetációs indexeket (NGRDI, VDVI, SAVI, RGBVI) a helyszíni felvételezési mintaterületek reflektancia értékeit QGIS Point sampling tool használatával nyertem ki az ortofotóból. Az így kapott RGB csatorna értékekből számolt, a gyomos és gyommentes mintaterületekre vonatkozó indexekkel végzett statisztikai elemzése azt mutatta, hogy a kétféle területen ezek az indexek eltérést mutatnak (8. táblázat).

8. táblázat: Gyomos és gyommentes mintaterületek vegetációs indexeinek elemzése

ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
NGRDI gyommentes	40470	4268.202	0.105466	0.006868		
NGRDI gyomos	81154	7085.807	0.087313	0.006069		
VDVI gyommentes	40470	7582.953	0.187372	0.013194		
VDVI gyomos	81154	13756.53	0.169511	0.011724		
SAVI gyommentes	40470	6382.595	0.157712	0.015304		
SAVI gyomos	81154	10596.48	0.130572	0.013542		
RGBVI gyommentes	40470	14822.5	0.366259	0.041361		
RGBVI gyomos	81154	27344.13	0.336941	0.039915		

VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok között	4516.897537	7	645.2711	35322.49	0	2.00961
Csoporton belül	8887.159464	486488	0.018268			
Összesen	13404.057	486495				

A gyomos és gyommentes mintaterület esetén az RGB értékek variancia analízise minden csatorna esetén ugyancsak azt mutatta, hogy a gyomos és gyommentes terület értékei szignifikánsan eltérnek egymástól (9. táblázat). Ez biztató eredmény volt, ezért a gyomos mintaterületek és a javasolt kijuttatási zónák összevetésével folytattam az elemzést.

9. táblázat: Gyomos és gyommentes mintaterületek RGB csatorna értékeinek elemzése

R

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
	414					
gyommentes_R	00	4732995	114.3236	2450.705		
gyomos_R	83087	9645275	116.0865	2498.343		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	85874.68973	1	85874.69	34.59202	0.000	3.841534
Csoporton belül	309034017.1	124485	2482.5			
Összesen	309119891.7	124486				

G

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
gyommentes_G	41400	5593472	135.108	2026.904		
gyomos_G	83087	11059252	133.1045	1989.053		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	110918.7058	1	110918.7	55.4139	0.000	3.841534
Csoporton belül	249174206.9	124485	2001.64			
Összesen	249285125.6	124486				

B

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
gyommentes_B	41034	3528949	86.00061	2204.426		
gyomos_B	82515	7164284	86.82402	2264.03		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	18581.05873	1	18581.06	8.279467	0.004	3.841534
Csoporton belül	277268334.6	123547	2244.234			
Összesen	277286915.6	123548				

4.1. Kijuttatási javaslat és helyszíni felvételezés összevetése

10. táblázat: A javasolt kijuttatás és a gyomos mintaterületek RGB csatornáinak vizsgálata

R

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
app_point_R	1048574	170388604	162.4955454	2511.84		
gyomos_R	83088	9645388	116.0864144	2498.313		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	165816418.16	1	165816418.16	66040.03	0	3.841467
Csoporton belül	2841425272.23	1131660	2510.847138			
Összesen	3007241690.39	1131661				

G

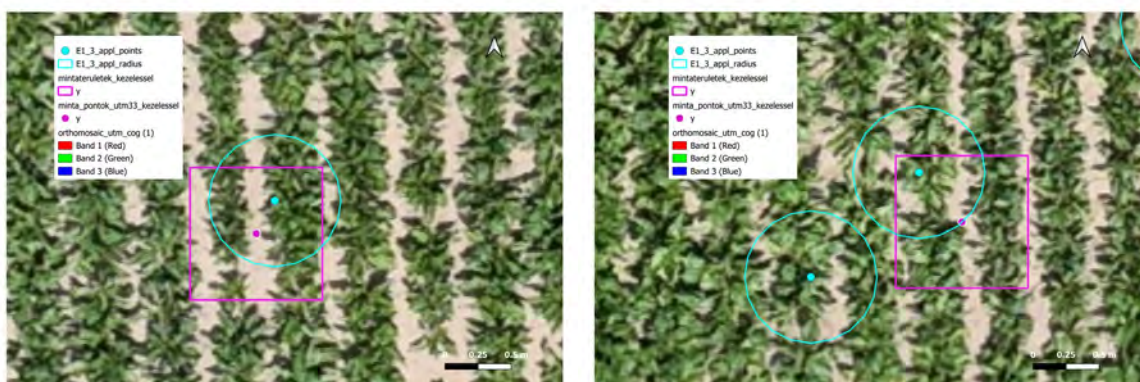
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
app_point_G	1048574	164719451	157.0890095	1753.132		
gyomos_G	83088	11059391	133.1045518	1989.029		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	44287428.29	1	44287428.29	25014.76	0	3.841467
Csoporton belül	2003549736	1131660	1770.452023			
Összesen	2047837165	1131661				

B

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
app_point_B	1048011	134845499	128.6680188	2418.13		
gyomos_B	82516	7164362	86.82391294	2264.003		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	133934250.8	1	133934250.8	55646.4	0	3.841467
Csoporton belül	2721039055	1130525	2406.880922			
Összesen	2854973305	1130526				

A helyszíni felvételezés során megfigyelt újabb gyom kelési hullám további gyomirtó kezelések elvégzését teszi indokolttá, ezért volt létjogosultsága a kijuttatási javaslat készítésének. A helyszíni felvételezési eredményeken alapuló javaslattal összevettem a javasolt kijuttatási térképet. A javasolt kijuttatási zónák (appl_point) és a gyomos mintaterületek adatai mindhárom csatorna esetében szignifikánsan különböznek egymástól (10. táblázat).

A helyszínen felvételezett gyomosodás alapján javasolható és a drónos felvétel alapján javasolt kijuttatás 2 területen mutatott egyezést, mindkettőt a tábla keleti részén, a 41 és 42 számú mintaterületeken. A helyszíni gyomfelvételezéskor a 42 számú területen rögzítettem a legtöbb gyomnövényt.



12. ábra: Kezelési javaslat egyezés – helyszíni (minta_pontok_UTM33_kezelessel (y)) és drónfelvétel (E1_3_appl_radius) alapján

A mintaterület és a javasolt kijuttatási pont körüli 50 cm sugarú kijuttatási zóna nem fedi egymást teljes mértékben az egyezéseknél (11. ábra). Gyomnövényt az ortofotón vizuális vizsgálattal egyik területen sem sikerült azonosítanom. A két mintaterületet (minta_ter41_42) és a hozzájuk kapcsolódó kijuttatási javaslati zónák (appl_points_egyezes) csatorna értékeit elemezve sem találtam megbízható egyezést. Az eredményeket a 11. táblázat tartalmazza.

Mind a drónos, mind a helyszíni felvételezés esetén 1 m²-re vonatkozik a kezelési javaslat, s ezzel a gyomosodási adat is. Az észlelt gyomok pontos helye a helyszíni felvételezéskor nem került rögzítésre. Emellett a szakdolgozat keretében végzett munka során a drónos felvételezés RTK pontosságú volt, míg a helyszíni felvételezést GPS pontossággal tudtam megoldani (mobil telefon helymeghatározás). A fenti két egyezés alapján azonban érdemes újabb vizsgálat keretében keresni a választ arra kérdésre, hogy ilyen esetben a két javaslat egyező

gyom megfigyelésre alapoz-e. A gyomfelvételezést a POST kezelések elvégzése előtt időzítve, a drónos felvételezés alapján készült kijuttatási javaslat ismeretében és a gyomok helyének rögzítését RTK pontossággal végezve érdemes az adatok összefüggését a későbbiekben tovább vizsgálni.

11. táblázat: Egyező kezelési javaslati területek RGB csatornáinak elemzése

R

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
appl_points_egyezes_R	8057	1021718	126.8112201	3360.437421		
mintater_41_42_R	10296	1363924	132.471251	3626.441718		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	144801.2928	1	144801.2928	41.25784235	0.00	3.841966
Csoporton belül	64405901.36	18351	3509.667122			
Összesen	64550702.65	18352				

G

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
appl_points_egyezes_G	8057	1085482	134.725332	2566.141902		
mintater_41_42_G	10296	1427862	138.6812354	2621.57667		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	70733.67027	1	70733.67027	27.23415664	0.00	3.841966
Csoporton belül	47661970.97	18351	2597.241075			
Összesen	47732704.64	18352				

B

ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
appl_points_egyezes_B	8023	808076	100.7199302	2994.419307		
mintater_41_42_B	10266	1093981	106.5635106	3242.267617		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	153782.2257	1	153782.2257	49.07614302	0.00	3.841967
Csoporton belül	57303108.77	18287	3133.543434			
Összesen	57456891	18288				

A helyszíni felvételezéssel gyommentesnek értékelt területekre a kijuttatási javaslat sem tartalmazott kezelést, amit az RGB csatorna értékek statisztikai vizsgálata is igazolt.

12. táblázat: A javasolt kijuttatás és a gyommentes mintaterületek RGB csatornáinak vizsgálata

R

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia
app_point_R	1048574	170388604	162.4955	2511.84
gyommentes_R	41400	4732995	114.3236	2450.705

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	92421400.8	1	92421401	36828.34	0	3.841467
Csoporton belül	2735304684	1089972	2509.518			
Összesen	2827726084	1089973				

G

ÖSSZESÍTÉS

Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia
app_point_G	1048574	164719451	157.089	1753.132
gyommentes_G	41400	5593472	135.108	2026.904

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	19243222	1	19243222	10911.76	0	3.841467
Csoporton belül	1922199060	1089972	1763.531			
Összesen	1941442282	1089973				

B

ÖSSZESÍTÉS

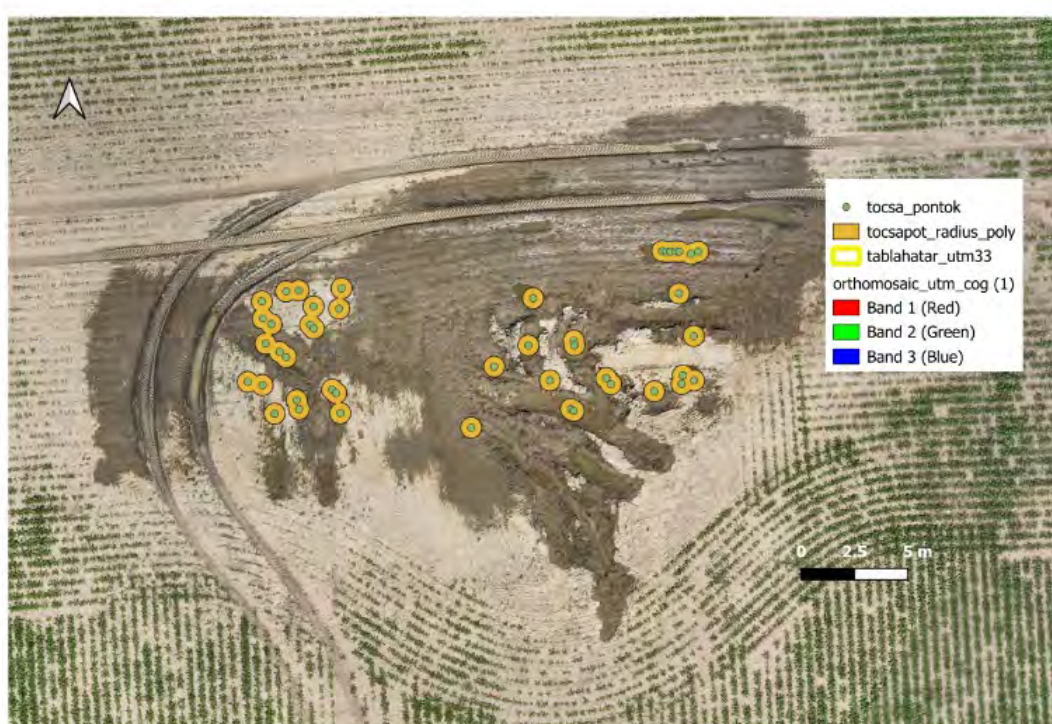
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia
app_point_B	1048011	134845499	128.668	2418.13
gyommentes_B	41034	3528949	86.00061	2204.426

VARIANCIAANALÍZIS

Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	71888003.4	1	71888003	29828.08	0	3.841467
Csoporton belül	2624679040	1089043	2410.078			
Összesen	2696567043	1089044				

A javasolt kijuttatási zónák (app_point) és a gyommentes mintaterületek összehasonlítása azt mutatta, hogy ez esetben is szignifikánsan eltérőek az egyes csatorna értékek (12. táblázat).

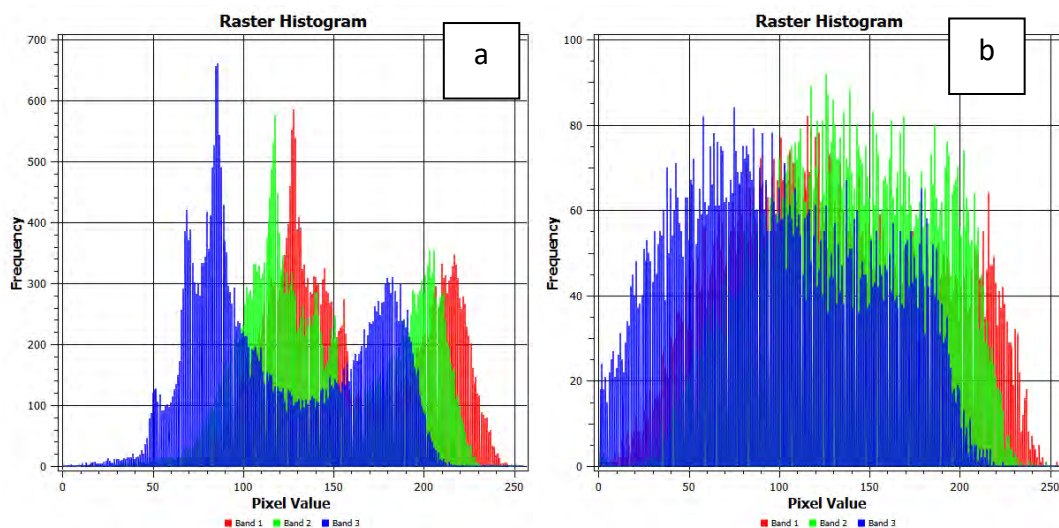
A helyszíni felvételezéssel gyommentesnek értékelt mintaterületekről tehát megállapítható, hogy a javasolt kijuttatási térkép sem jelezte ezeken a részen gyomirtó szer alkalmazás szükségességét. Kivétel ez alól a látható tartományban készült fotó vizuális vizsgálatával jól érzékelhető, a tábla forgóban a munkagép keréknyomában felgyűlt vízfoltokra javasolt kijuttatás (12. ábra).



13. ábra: Növény mentes terület - kijuttatási javaslat

A 12. ábrán látható táblarészen helyszíni mintapont és -terület nem volt kijelölve. Az ortofotón viszont feltűnő volt, hogy a víznyomás miatt láthatóan növény mentes részre is szerepel javasolt kijuttatás. (A tábla déli szélén, nem művelt, hasonlóan víznyomásos területen is tartalmazott ilyen pontokat a kijuttatási térkép. Ezen a részen látszanak elpusztult növények is, de ez nem a művelt táblához tartozik, ezért további elemzésével a szakdolgozat keretében nem foglalkoztam.)

Annak érdekében, hogy kiküszöbölhető legyen ez a hiba ismét a csatorna értékeket vizsgálatát találtam célszerűnek. Ezeket a táblahatáron belülre és a víznyomásos területre vonatkozó kijuttatási zónákban megnézve eltérést találtam. A táblaszintű javaslat csatorna-értékei nagyobb tartományban mozognak, nagyobb szórással rendelkeznek. A 13. ábrán látható, hogy a kétféle táblarész esetében a csatorna hisztogramok lefutása is különböző.



14. ábra: Növénymentes (a) és növényel borított (b) táblarész kijuttatási zónáinak RGB hisztogramja

További csatorna érték elemzéssel és az eredmények beépítésével az algoritmusba feltehetően kizárhatók lesznek a későbbiekben a növénymentes területek a kijuttatási javaslatból.

5. Következtetések és javaslatok

A helyszíni gyomfelvételezés és a drón felvételek elemzése alátámasztja a látható tartományban készült drón képek alkalmazhatóságát a gyomirtás tervezésében. Megfelelő felbontású drón felvételek adatai alapján jól tervezhető olyan tág térállású kultúrák kelés utáni gyomirtása, mint pl. a cukorrépa. A helyszíni felvételezéskor megfigyelt, gyomirtás szempontjából érzékeny fejlődési szakaszban lévő gyomnövények indokolták az újabb kezelés elvégzését. A helyszíni megfigyelések és a szakdolgozatban felhasznált fotókkal dolgozó, fejlesztési szakaszban lévő algoritmus kezelési javaslatának további vizsgálata javasolt. A helyszíni felvételezéskor gyommentes területekre az algoritmus nem tervezett gyomirtó szerezkeztetést, a gyomos területeknél azonban kevés volt az egyező javaslat. A felmérő drón repülési beállításait, másrészt a helyszíni felvételezés helymeghatározási pontosságát javítva lehet újabb felvételezési tervet készíteni. A tábla gyomosodása, valamint a kijuttatási térkép pontosabb értékelése a cukorrépa kelése után, de még a POST kezelések elvégzése előtti időszakban, nagyobb mintaszámú helyszíni felvételezéssel lehetséges. A helyszíni felvételezéskor a gyomok fejlettségét herbicid érzékenységi szempontból is célszerű rögzíteni. Ez segíti azt, hogy a kezelés(ek) elvégzése után újabb helyszíni és drónos felvételezéssel a kezelés hatékonysága is felmérhető, később pedig automatizálható legyen. Ez az IPM irányelvekbe illeszkedő monitoring a precíziós technológia újabb alkalmazási területét jelentheti a cukorrépa vegyszeres gyomirtásában.

Érdemes a későbbiekben azt is vizsgálni, hogy hatékonyságban, gazdaságosságban mit jelent a teljes felület kezelésekor érvényesülő herbicid talajhatás, illetve annak elmaradása a tábla kezelési térképének elkészítéséhez végzett drónos felvételezés idején még gyommentes táblarészekben.

6. Összefoglalás

A cukorrépa növényvédelmi munkáinak jelentős hányada a gyomirtás, mely megfelelően csak folyamatos tábla monitorozás és készenlét mellett végezhető abban az időszakban, amikor egyéb szántóföldi termesztett növényeknél is munkacsúcs van.

A szakdolgozat keretében azt vizsgáltam, hogy a cukorrépa gyomirtását hogyan könnyítheti, a hatékonyságot hogyan növelheti a drónfelvételekből nyert információk használata. A vizsgálatot a Hubertus Agráripari Bt.-hez tartozó Kéthelyi Agro Kft.-nél, a Kéthely határában található 22,33 ha-os cukorrépa táblán végeztem. A drónos felvételezés 2024. 05.29-én történt, RTK modullal felszerelt RGB kamerás DJI Mavic3 ENTERPRISE drónnal. Ezzel egyidőben végeztem a táblán helyszíni gyomfelvételezést. A helyszíni eredmények vizsgálatával, ortofotóval és a drónos felvételezés alapján készült kijuttatási javaslattal történő összehasonlításával igyekeztem megállapítani a drón monitoring használatának előnyeit. A drón felvételekből készült ortofotón a helyszíni felvételezési területek beazonosítása után vizuális elemzést, 4 önálló RGB vegetációs index (NGRDI, VDI, SAVI, RGBVI), valamint a reflektancia értékek vizsgálatát végeztem a gyomos és gyommentes mintaterületeken. A gyomosodás függvényében szignifikánsan különböztek a csatorna értékek és az indexek, ami alátámasztja technika alkalmazhatóságát. A drónos felvételezésen alapuló javasolt kijuttatási térkép RGB csatorna értékeit is vizsgáltam, és összevettem a helyszíni megfigyelésekkel. A gyommentes területek meghatározásában meggyőző hasonlóságot találtam a helyszíni és a drónos felvételezés között. A gyomos területek behatárolásának pontossága ebből a vizsgálatból nem volt egyértelmű. A technológia további fejlesztésének elősegítésére újabb vizsgálat elvégzését javaslom, a drón repülési paramétereinek, a felvételezés időpontjának és a helyszíni mintavétel módszerének finomításával. A kezelés hatékonyságának felmérését célzó kiegészítő monitoring pedig újabb felhasználási terület lehet a drónok mezőgazdasági alkalmazásában. Azt is érdemes lesz elemezni, hogy hatékonysági és gazdaságossági szempontból érdemes-e lemondani a hagyományos eljárással a tábla egészén érvényesülő herbicid talajhatásról. Mindemellett fontos eredménynek tartom, hogy a valós tartományban készült felvételek alkalmazhatóságát sikerült alátámasztanom. Ez ugyanis a multispektrális felvételezésnél alacsonyabb költségű eljárás, ami a későbbiekben segítheti a technológia elterjedését a gyakorlatban.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm konzulensemnek, Dr. Zalai Mihálynak a szakdolgozathoz adott javaslatokat és az egyéb teendői mellett nyújtott kitartó támogatást.

Ezúton is köszönöm a dolgozat elkészítésében közreműködő kollégák segítségét:

A felvételezés a Hubertus BT. agronómusa, Doma Miklós támogatásával vált lehetővé. A drónos felvételezést a Bayer Climate Fieldview részlegének munkatársa, Harangozó László készítette. A gyomfajok felvételezésében és értékelésében Dr. Bosák Péter a Bayer Hungária Kft. fejlesztőmérnöke volt segítségemre.

8. Irodalomjegyzék

1. 2024-es Drón szabályok: Friss információk a drónhasználatához <https://myaction-cam.hu/2024-dron-szabalyok-friss-informaciok-a-dronhasznalathoz-312>
2. Agrárágazat: A kukorica és gyomflórája, Agrárágazat online, 2019 január 28. [Agrárágazat – A kukorica és gyomflórája – Agrárágazat \(agraragazat.hu\)](http://Agraragazat.hu)
3. Bakacsy, L.; Tobak, Z.; van Leeuwen, B.; Szilassi, P.; Biró, C.; Szatmári, J.(2023) Drone-Based Identification and Monitoring of Two Invasive Alien Plant Species in Open Sand Grasslands by Six RGB Vegetation Indices. Drones 2023, 7, 207. <https://doi.org/10.3390/drones7030207>
4. Barbosa B.D.S., Ferraz G.A.S., Gonçalves L.M., Marin D.B., Maciel D.T., Ferraz P.F.P., Rossi G. (2019): RGB vegetation indices applied to grass monitoring: a qualitative analysis, Agronomy Research 17(2)pp 349–357, https://www.researchgate.net/publication/334000887_RGB_vegetation_indices_applied_to_grass_monitoring_a_qualitative_analysis
5. Bíró L. (2023) Képi adatelemzés során használt RGB indexek összehasonlítása strukturált hasonlósági index (SSIM) alapján. In: Szemelvények a BGE kutatásaiból II. kötet. Budapesti Gazdasági Egyetem, Budapest, pp. 36-44. ISBN 978-615-6342-76-8
6. BIS (2024): Precision Agriculture Market - A Global and Regional Analysis, 2023-2033, <https://bisresearch.com/industry-report/precision-agriculture-market-report.html>
7. Dakos Á., Pinke Gy., Kovács A. (2017): Gyomnövények távérzékelése és gyakorlati alkalmazásai, Magyar gyomkutatás és technológia, 18. évf. 1. sz., pp 3-20., Budapest 2017.
8. Ercolini L., Grossi N., Silvestr N. (2022): A Simple Method to Estimate Weed Control Threshold by Using RGB Images from Drones, Appl. Sci. 2022, 12, 11935. <https://doi.org/10.3390/app122311935>
9. Erdeiné Késmárki-Gally Sz. (2020): A precíziós gazdálkodás jelentősége a mezőgazdaság versenyképességében, Multidiszciplináris kihívások, sokszínű válaszok online folyóirat BGE 2020. 2. szám <https://ojs3.mtak.hu/index.php/mksv/article/view/ORCID>

10. Európai Számvevőszék: 05.2020. Különjelentés A növényvédelmi szerek fenntartható használata: kevés előrelépés történt a kockázatok mérése és csökkentése terén (<https://www.eca.europa.eu/hu/publications?did=53001>)
11. Gaál M., Illés I.(szerk) (2020): A precíziós szántóföldi növénytermesztés helyzete és ökonómiai vizsgálata, AKI Budapest 2020.
12. Gašparovića M., Zrinjskić M., Barković D., Radočaj D. (2020) An automatic method for weed mapping in oat fields based on UAV imagery, Computers and Electronics in Agriculture May 2020, 173(4):105385, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2020.105385>, teljes cikk a szerzőtől
13. Horváth A.(2023): Mi lett a magyar cukorrépával és a cukorgyártással? Agroinform.hu 2023. szeptember 8., péntek 9:07:00
<https://www.agroinform.hu/szantofold/mi-lett-a-magyar-cukorrepa-val-es-a-cukorgyartassal-67072-001>
14. Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G. (2011): Gyomnövények, gyombiológia, gyomirtás, Mezőgazda Kiadó 2011.
15. International Society of Precision Agriculture web oldal <https://www.ispag.org/about/definition>
16. Kelemen I. (2011): A cukorrépa termesztés Magyarországon, CIBE közgyűlés, Budapest, 2011. május 26. <http://www.ctosz.hu/uploads/documents/cibe110526kiprez.pdf>
17. Kádár A. (szerk): Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás hetedik átdolgozott bővített kiadás, pp 264-271, Kádár Aurél 2024.
18. Kemény G., Lámfalusi I., Molnár A. (szerk) (2017): A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata, NAIK AKI Budapest 2017.
19. Keszthelyi S., Lukács H., Kazinczi G., Varga Zs. (2022): A cukorrépa védelme, Növényvédelem 83 (N.S.58)1., 2022. Pp.11-41.
20. Központi Statisztikai Hivatal Agrárcenzus eredmények Agrárdigitalizáció
<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/ac2020/agrardigitalizacio/index.html>
21. Márton B. (2022): Drónok fejlődése, csoportosítása, felhasználása és ellenőrzése, Biztonságtudományi szemle 4. évf. 3. szám, 2022.

22. Nagy S.: A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez (doktori (PhD) értekezés) NYME Mezőgazdaság és élelmiszertudományi kar Növényvédelmi tanszék, Mosonmagyaróvár, 2004.
23. Nemzeti Jogszabálytár 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet - Nemzeti Jogszabálytár (njt.hu)
24. Potyondi L., Kimmel J., Boros J., Szilágyiné Kovács E. (2005): A cukorrépa védelme, Növényvédelem 41 (9) 2005., pp 413-439.
25. Puskás P. (2023): Precíziós gazdálkodási helyzetkép, Magyar Mezőgazdaság, 2023.03.24. <https://magyarmezogazdasag.hu/2024/03/24/precizios-gazdalkodasi-helyzetkep/>
26. Radó J., Ercsey Zs., Gólya G., Vaszari Sz., Reisinger P. (2013): Android alapú gyomfelvételezési alkalmazás kifejlesztése és bevezetése a precíziós gyomszabályozás folyamatszerkezése céljából, Magyar Gyomkutató és Technológia 2013. XIV. évf. 2. sz., pp 53-62.
27. Reisinger P., Kukorelli G., Borsiczky I. (2019): Precíziós Növényvédelem, NAK Digitális Agrárakadémia <https://digitalisagrarakademia.hu/>
28. Sajtóközlemény Agroinform (2021): A gazdálkodók négyötöde tervez három éven belül precíziós technológiai fejlesztést <https://www.agroinform.hu/palyazatok/precizios-gazdalkodas-vetes-novenyvedelem-agroinform-felmeres--52123-001>
29. Viljanen N., Honkavaara E., Näsi R., Hakala T., Niemeläinen O., Kaivosoja J. (2018): A Novel Machine Learning Method for Estimating Biomass of Grass Swards Using a Photogrammetric Canopy Height Model, Images and Vegetation Indices Captured by a Drone, Agriculture 2018, 8, 70,
30. Viniczai Sándor: Magyarország gyomtérképe, avagy miként változott a fajok jelentősége, Magyar Mezőgazdaság online, 2023.01.27. 15:32 [Magyarország gyomtérképe, avagy miként változott a fajok jelentősége - Magyar Mezőgazdaság \(magyarmezogazdasag.hu\)](https://magyarmezogazdasag.hu/magyarorszag-gyomtérképe-avagy-miként-változott-a-fajok-jelentősége)
31. <https://www.mdpi.com/2077-0472/8/5/70>
32. Xu W., Lan Y., Li Y., Luo Y., He Z. (2019): Classification method of cultivated land based on UAV visible light remote sensing, <https://www.researchgate.net/publication/333876569>

33. KSH A cukorrépa termelése vármegye és régió szerint 2000-2023,
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0081.html,
34. KSH Fontosabb szántóföldi növények betakarított területe 1990-2023,
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html
35. KSH Agrárcenzus 2020, <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/ac2020/agrardigitalizacio/index.html>
36. KSH Agrárcenzus 2023 - előzetes eredmények <https://www.ksh.hu/s/kiadva-nyok/agrarium-2023-elozetes-adatok/index.html#talakulprecziszgazdlkods>

Internetes források:

http¹ <https://www.ispag.org/about/definition>

http² <http://www.ctosz.hu/uploads/documents/cibe110526kiprez.pdf>

http³ <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/pesticides-5-2020/hu/index.html>

http⁴ https://www.lidrone.hu/blog/dron-reptetes-2024-aktualis-legter-jogszabaly-es-engedely-osszesito-dronpilotaknak?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI4NCYpbDWWhwMVR6SDBx3PlimSE-AMYAyAAEgJ-fvD_BwE

http⁵ https://myactioncam.hu/2024-dron-szabalyok-friss-informaciok-a-dronhasznalathoz-312?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwuMC2BhA7EiwAmJKRrDQveMonL_NlJuyJSMme-Fv2jB-jazIbEe5cvtjMAfQykpbNZtdWsBoCagAQAvD_BwE

http⁶ https://dl.djicdn.com/downloads/DJI_Mavic_3_Enterprise/DJI_Mavic_3E_3T_User_Manual_EN.pdf

NYILATKOZAT

Perényi Marianna (név) (hallgató Neptun azonosítója: ZMOUK3) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / **nem javaslom**².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2024. év 10. hó 24. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Perényi Marianna _____
A Hallgató Neptun kódja: ZMOUK3 _____
A dolgozat címe: Drón monitoring alkalmazási lehetősége cukorrépa
gyomosodás felmérésére és herbicid kezelések
tervezésére
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év 10. hó 30 nap

P. C.

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.