

DIPLOMADOLGOZAT

Bozó Ákos

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növényvédelmi Intézet

Növényorvos mesterképzési szak

**Távérzékelés alapú helyspecifikus gyomszabályozás
tervezése a Felsőzsolcai SI-TI Kft. területén**

Belső konzulens: Dr. Zalai Mihály
egyetemi docens

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

Külső konzulens: Gyovai Szabolcs

PlantaDrone ügyvezető igazgató

Készítette: Bozó Ákos GIFB8Z

Szent István Campus

2025

Tartalomjegyzék:

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK	4
1.1	Bevezetés	4
1.2	Célkitűzések	5
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1	Precíziós növényvédelem és gyomfelvételezés történelmi áttekintése	7
2.2	A növényi és gyomfelvételezés szerepe a növényvédelemben	8
2.2.1	Kézi gyom- és növényfelvételezési módszerek	9
2.3	Dróntechnológia és távérzékelés a gyomszabályozásban	10
2.4	Precíziós növényvédelmi gépek és azok szerepe a drónos felvételezésben.....	11
2.4.1	A precíziós permetezőgépek működési elve.....	11
2.4.2	Integrált alkalmazás a drónos adatgyűjtés és a precíziós permetezés között.....	12
2.4.3	Horsch és John Deere precíziós permetezőgépek.....	13
2.4.4	Az integrált rendszer előnyei.....	14
2.5	Árvakelés és gyomok elkülönítése a precíziós növényvédelemben.....	14
2.5.1	Hazai tapasztalatok az árvakelés kezelésében	14
2.6	Pix4D és adatfeldolgozási módszerek a precíziós növényvédelemben.....	15
2.6.1	A Pix4D szerepe a mezőgazdasági gyakorlatban	15
2.7	Gazdasági és környezeti hatások a precíziós gyomirtásban	15
2.8	Jövőbeli trendek és autonóm rendszerek a gyomszabályozásban	16
2.9	Precíziós gyomszabályozás Magyarországon, EU-s és globális irányelvek a gyomszabályozásban.....	16
2.10	Gyomfelismerés módszerei a precíziós növényvédelemben.....	17
2.11	Drónok típusai és szerepük a gyomszabályozásban.....	17
2.12	Vegetációs indexek szerepe a precíziós növényvédelemben	18
2.13	Magyarországi kutatási projektek és kísérletek a precíziós gyomszabályozásban.....	18
2.14	Innovációk és jövőbeni perspektívák a precíziós gyomszabályozásban	19
2.15	Szakirodalom összegzése.....	20
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	21

3.1	A kísérlet helyszíne, előzményei és előkészítése	21
3.2	A vizsgált terület gyomosodásának felmérése	23
3.3	A drónos adatgyűjtés.....	26
3.3.1	RGB felvételezés	26
3.3.2	Multispektrális felvételezés és vegetációs indexek feldolgozása.....	27
3.4	Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés	28
3.5	Eredmények feldolgozásának előkészítése	29
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	31
4.1	. A vizsgált terület gyomnövényzetének bemutatása	31
4.2	Leíró statisztikai eredmények	32
4.3	A vegetációs indexek közötti korrelációk vizsgálata	33
4.4	A vegetációs indexek és a gyomosodás közötti kapcsolat varianciaanalízise (ANOVA)	35
4.5	Az indexek értékelése és megbízhatósága	37
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	40
5.1	Következtetések	40
5.2	Javaslatok.....	41
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	42
7.	IRODALMIJEGYZÉK.....	43
7.1	Tankönyvek és folyóiratok.....	43
7.2	http-s hivatkozások.....	46
8.	KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS.....	47
9.	NYILATKOZATOK.....	48
9.1	Konzulensi nyilatkozat.....	48
9.2	Mi nyilatkozat	49
9.3	Hallgatói nyilatkozat	51

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

1.1 Bevezetés

A növényvédelem napjainkban a mezőgazdasági termelés egyik legösszetettebb, ugyanakkor legmeghatározóbb területe, ahol a hatékonyság, a gazdaságosság és a környezetvédelem közötti egyensúly megteremtése kulcsfontosságú. Az elmúlt évtizedekben az agrárium technológiai fejlődése soha nem látott ütemet vett, és ezen belül a precíziós növényvédelem, valamint a drónos távérzékelés vált az egyik legjelentősebb innovációs irányzattá. A drónok alkalmazása lehetővé teszi a növényállomány állapotának gyors, objektív és nagy pontosságú felmérését, amely új dimenziót nyit a növényorvosi diagnosztika és a döntéstámogatás területén.

A hagyományos kézi gyomfelvételezési módszerek a gyakorlatban beváltak, azonban nagy területek vizsgálata esetén idő és munkaigényük jelentősen korlátozza alkalmazhatóságukat. Ezzel szemben a drónos távérzékelés különösen a multispektrális szenzorok használatával (1.ábra) lehetővé teszi a növényzet élettani és morfológiai állapotának pontos meghatározását vegetációs indexek segítségével. Ezek az indexek a növények által visszavert fény különböző hullámhosszainak arányából számított értékek, amelyek a lombsűrűsége, a klorofilltartalomra, a fotoszintetikus aktivitásra és a talajhatásra is érzékenyen reagálnak.



1.ábra: Monitoring drón Forrás: [http/](http://)

A vizsgálat során négy kiemelt vegetációs index GNDVI, NDRE, OSAVI és LCI elemzésére került sor. A GNDVI a zöld és a közeli infravörös tartomány reflektanciáját hasonlíttja össze, így különösen jól jelzi a növényborítottságot és a levélfelület nagyságát. Az NDRE a vörös él sávra épít, amely érzékeny a klorofilltartalom apró változásaira, ezért kiváló indikátora a növények tápanyagellátottságának. Az OSAVI a talajhatás korrekciójával biztosít pontosabb becslést a ritkább vagy mozaikos állományokban, míg az LCI a klorofilltartalmat és a lombsűrűséget integráltan jellemzi, a növényállomány fiziológiai aktivitásának egyik legjobb mutatójaként.

A kutatás tudományos értéke abban rejlik, hogy e négy mutató együttes értelmezésével feltárható, milyen mértékben képes a drónos távérzékelés megkülönböztetni a gyomos és gyommentes területeket, valamint hogyan tükrözik az indexek a növényállomány általános kondícióját. A vizsgálat hozzájárul a precíziós növényvédelem elméleti és gyakorlati fejlődéséhez, valamint a környezettudatos, célzott beavatkozások megvalósításához. A drónos technológia alkalmazása nem csupán technikai újítás, hanem a növényorvosi gondolkodásmód fejlődésének egyik legfontosabb mérföldköve, amely a tudományos ismereteket és a gyakorlati döntéshozatalt egyesíti.

1.2 Célkitűzések

A dolgozatom célja annak átfogó vizsgálata volt, hogy a drónos multispektrális felvételekből számított vegetációs indexek mennyiben alkalmasak a gyomosodás mértékének meghatározására, a növényállomány kondíciójának értékelésére, és hogyan illeszthetők be a precíziós növényvédelmi döntéshozatal folyamatába. A kutatásom során törekedtem arra, hogy a távérzékelésből származó adatok növényorvosi és gyakorlati szempontból is értelmezhetőek legyenek, tehát ne pusztán spektrális értékek, hanem a növények élettani állapotát tükröző mutatók formájában jelenjenek meg.

A vizsgálat egyik központi célja a hagyományos kézi gyomfelvételezés és a drónos távérzékelés eredményeinek összehasonlítása volt annak érdekében, hogy megállapítható, hogy a drónos módszer képes-e a gyomosodás térbeli mintázatainak megbízható azonosítására. Ezzel párhuzamosan a különböző vegetációs indexek közötti összefüggések statisztikai elemzésével (korreláció, varianciaanalízis) cél volt az is, hogy feltárjam, mely indexek érzékenyek leginkább a gyomosodásra és a növényállomány változásaira.

A célkitűzések között szerepelt továbbá az indexek növényélettani hátterének értelmezése, vagyis annak bemutatása, hogy az egyes mutatók milyen biológiai folyamatokat

tükröznek például a klorofilltartalom csökkenését, a lombsűrűség változását vagy a talajreflektancia hatását. Fontos törekvésem volt a gyomflóra spektrális tulajdonságainak és a kultúrnövény-állomány közötti különbségek számszerűsítése is, ami a növényorvosi diagnosztika pontosítását szolgálja.

A vizsgálatom hosszú távú célja, hogy a kapott eredmények alapján olyan térinformatikai és döntéstámogató rendszerek fejlesztése váljon lehetővé, amelyek a vegetációs indexekre építve képesek zónás vagy dózis-alapú növényvédőszer-kijuttatást támogatni. Ezzel a technológia hozzájárulhat a növényvédőszerfelhasználás csökkentéséhez, a környezetterhelés mérsékléséhez és a fenntartható mezőgazdasági gyakorlat elterjedéséhez.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Precíziós növényvédelem és gyomfelvételezés történelmi áttekintése

A mezőgazdasági technikai fejlődése az elmúlt évtizedekben óriási változásokat hozott a termesztéstechnológiában, növényvédelemben, gépesítés és informatika terén. A precíziós mezőgazdaság kialakulása az 1990-es években kezdődött meg, főként Észak-Amerikában, amikor a műholdas helymeghatározási rendszer rendszerek lehetővé tették a mezőgazdasági munkaműveletek helyspecifikus végrehajtását (*Gebbers & Adamchuk, 2010*). Ezzel párhuzamosan megjelent az igény olyan megfigyelési rendszerek iránt, amelyek képesek a szántóföldi kultúrák állapotának gyors és objektív értékelésére.

A gyomfelvételezés, mint növényvédelem alapvető eleme, hosszú időn keresztül manuális módszereken alapult, ahol a szakemberek terepi jegyzeteléssel és becslésekkel térképezték fel a gyomosodás mértékét és annak eloszlását. Ez a módszer rendkívül időigényes, szubjektív és kevésbé hatékony nagyobb területeken (*Rew & Cousens, 2001*). A precíziós gyomkezelés azonban akkor válik valóban hatékonyvá, ha pontos, térinformatikailag értelmezhető információ áll rendelkezésre a gyomnövények elhelyezkedéséről- ezt az igényt töltötték be először a távérzékelési technológiák.

A 2000-es évek közepétől a drónok (UAV- Unmanned Aerial Vehicles) megjelenése új korszakot nyitott a szántóföldi megfigyelésben. Kezdetben katonai és ipari célokra fejlesztették ki őket, de a technológia civil célú elterjedésével, különösen a mezőgazdaságban, egyre nagyobb szerepet kaptak a növényállapot-felmérésekben,



2. ábra Precíziós növényvédelem elképzelése, agrofórum, 2017, Forrás: <http2>

gyomazonosításban, valamint a precíziós növényvédelem tervezésében (*Zhang & Kovacs, 2012*).

A drónos gyomfelvételezés technológiája a kezdeti RGB (színeképes) kamerás megfigyelésektől napjainkig eljutott a multispektrális, hiperspektrális, sőt termális- és LiDAR-szenzorok alkalmazásáig. Ezek a fejlett érzékelők képesek nemcsak a növényzet egészségi állapotának, hanem a gyomflóra fajsztintú azonosításának is pontos meghatározására. A drónfelvételek alapján készített vegetációs indexek (pl. NDVI, GNDVI, NDRE) segítségével már nemcsak a gyomosodás tényét, hanem annak intenzitását is térképezni lehet (*Hunt et al., 2005; Torney et al., 2020*).

A dróntechnológia a precíziós gyomirtás egyik alappillére lett. A cél az, hogy csak azokon a területrészeken történjen a kémiai kezelés, ahol a gyomosodás indokolja. Ez csökkenti a környezetterhelést, mérsékli a költségeket, és hozzájárul a fenntartható növénytermesztéshez (*Matese & Di Gennaro, 2015*). A fejlesztések jelenleg olyan valós idejű képfeldolgozó rendszerek irányába tartanak, amelyek képesek az automatikus gyomfelismerésre és azonnali térkép-alapú döntéstámogatásra.

A következő évtized a mezőgazdaságban várhatóan még nagyobb szerep jut az önműködő rendszereknek, ahol a drónok nemcsak felméri a gyomosodást, hanem össze is kapcsolódnak a precíziós permetezőgépekkel, automatikusan létrehozva és végrehajtva a kijuttatási térképeket (pl: Horsch Leeb, John Deere R-series, Amazone UX SmartSprayer rendszerek). Ez a fejlődés azonban nem kizárólag technológiai, hanem tudományos és agronómiai kihívásokat is felvet, hiszen a szenzoros adatok megbízhatósága, értelmezése, valamint a gyomfajok változó térbeli megjelenése komoly kutatásokat igényel (*Lamb et al., 2021*). Ugyanakkor a nemzetközi és hazai mezőgazdasági gyakorlat is egyre inkább ebbe az irányba megy el és nyitott a drónok nyújtotta lehetőségek integrálására.

2.2 A növényi és gyomfelvételezés szerepe a növényvédelemben

A gyomok jelenléte a mezőgazdaságban jelentős termés kiesést tud okozni, emellett fokozott versenyt jelent a kultúrnövények számára a vízért, tápanyagokért, fényért, illetve számos esetben más kártevők és betegségek közvetett gazdái is lehetnek (*Radics, 2003*). A gyomszabályozás hatékonyságának alapfeltétele a pontos felmérés, vagy is a gyomnövények fajösszetételének és borításának ismerete. A felvételezés a növényvédelem szempontjából kulcsfontosságú döntéstámogató eszköz, amely megalapozza a célzott gyomirtási stratégiák kidolgozását.

A növényvédelem egyik alapvető célja, hogy a károsító szervezetek elleni védekezést a lehető leghatékonyabban, ugyanakkor a környezet legkevésbé terhelő módon valósítsuk meg. Ehhez nélkülözhetetlenek azok az adatok, amelyek a gyomflóra aktuális állapotáról tájékoztatnak. A gyomfelvételezés különösen fontos szerepet játszik a precíziós növényvédelem kialakításában, ahol a kezelések térben változó intenzitással történnek, a valós gyomborítási viszonyokhoz igazítva (*Lukács et al., 2017*). Hagyományosan a felvételezés kézi eszközökkel történik, de az elmúlt évek technológiai fejlődése új lehetőségeket kínált – különösen a dróntechnológia és a távérzékelés formájában. A kézi és a drónos felvételezés között jelentős különbségek vannak az adatgyűjtés sebessége, a pontosság és az emberi hibalehetőség szempontjából, amelyeket a dolgozatomban még fogok részletesen tárgyalni. Nemzetközi kutatások szerint a hagyományos gyomfelvételezés határai egyre szembetűnőbb, különösen nagyobb területek esetén, ahol az időigényes adatgyűjtés jelentős erőforrásokat emészt fel (*Liebisch et.al., 2015*). A gyomok pontos térbeli eloszlásának a feltérképezése kulcsfontosságú a változó dózisú gyomirtási technológiák számára, ahol az inputanyagokat csak oda juttatjuk ki, ahova valóban szükség van.

2.2.1 Kézi gyom- és növényfelvételezési módszerek

A kézi gyomfelvételezés a hagyományos növényvédelmi gyakorlat szerves része, különösen akkor, amikor megbízható fajsztíntű információkra van szükség. A legelterjedtebb kézi módszerek közé tartozik a kvadrátos mintavétel, a transzekt-vonalas becslés és a vizuális borítási értékelés. Ezek a módszerek meglehetősen pontosak, de jelentős idő és munkaerő ráfordítást igényelnek (*Radics, 2003; Tóth & Hunyadi, 2016*).

Kvadrátos módszer során az adott területre négyzet alakú mintavételi egységeket (pl. 0,25 m²) helyeznek ki, és ezekben található gyomfajokat rögzítik – borítás, egyedszám vagy fajlista alapján. A vizuális becslés során gyakorlott szakemberek szemrevételezéssel állapítják meg a gyomfajok arányát, ami gyorsabb, kevésbé objektív módszer. A gyomértékszám módszer különböző fajok gyomosító és veszélyességi értékét veszi figyelembe, és ez alapján egy kombinált mutatót képez (*Ujvárosi, 1973*).

A kézi felvételezés egyik előnye a magas fajfelismerési pontosság – különösen akkor, ha fiatal vagy hasonló megjelenésű gyomnövényeket kell megkülönböztetni. Ugyanakkor hátránya, hogy időigényes akár órákig is eltarthat egy-egy parcella felmérése, személyfüggő a szakember tapasztalatán múlik a fajok felismerése és az értékelés megbízhatósága, nagy

területeken nem gazdaságok – különösen több hektár felmérése esetén jelentős a munkaigény. A precíziós gazdálkodás céljai, mint a költséghatékonyság, környezetterhelés és adat vezérelt döntéshozatal egyre inkább olyan módszereket igényelnek, amelyek gyorsabb és automatizált adatgyűjtést tesznek lehetővé. A dróntechnológia térhódítása ezt a célt szolgálja, és a kézi módszerek kiegészítésére vagy részbeni kiváltására kínál egy alternatívát.

2.3 Dróntechnológia és távérzékelés a gyomszabályozásban

A precíziós mezőgazdaság rohamos fejlődése új lehetőségeket nyitott a növényvédelem területén. Ennek egyik legfontosabb új technológiai irányvonala a drónok (UAV- Unmanned Aerial Vehicles) alkalmazása, különösen a gyomnövények monitorozása és a növényállomány egészségi állapotának felmérése során (*Zhang & Kovács, 2012*). A drónok lehetővé teszik a nagy területek gyors, részletes és gyakori megfigyelését anélkül, hogy emberi jelenlétre lenne szükség a területen, így jelentős idő és munkaerő-megtakarítást eredményezhetnek.

A növény és gyomfelvételezésben alkalmazott drónok elsősorban különböző képalkotó eszközökkel felszerelve működnek. A leggyakoribb kameratípusok a következők:

RGB-kamerák: amelyek hagyományos, három színcsatornás kamerák, amelyek az emberi szemáltal látható fény alapján különítik el a gyomokat a kultúrnövényektől.

Multispektrális kamerák: az elektromágneses spektrum látható fénytartományán kívül több tartományában érzékelnek (pl. infravörös, közeli infravörös), így lehetővé teszik vegetációs indexek számítását (pl. NDVI, GNDVI).

Hiperspektrális kamerák: rendkívül részletes spektrális felbontást biztosítanak, akár több száz hullámhosszon is képesek mérni, ezáltal még pontosabb növény- és gyomazonosítást tesznek lehetővé (*Mahlein, 2016*).

Hőkamerák: a növények vízháztartására és stresszreakcióira adnak információt.

A legelterjedtebb módszer a vegetációs indexek használata, amelyek a növények spektrális visszaverődéséből számol értékeket. A legismertebb közülük az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), amely a növényzet állapotát, fejlettségét méri a vörös és a vörös közeli tartomány visszaverődése alapján (*Rouse et al., 1974*). Ezt széles körben használják a növényborítottság és biomassza becslésére. A gyomok eltérő spektrális tulajdonságai miatt ezek az indexek képesek megkülönböztetni a gyomokat a kultúrnövényektől, különösen a növekedés korai szakaszában.

Az utóbbi években a mesterséges intelligencia és a gépi tanulási algoritmusok alkalmazása is előtérbe került a képfeldolgozás során. Algoritmusok, mint a Convolutional Neural Networks (CNN) vagy a Random Forest (RF) lehetővé teszik a gyomnövények automatikus felismerését és osztályozását nagy mennyiségű adat alapján, javítva ezzel a felmérések pontosságát (*Milioto et al., 2018; dos Santos Ferreira et al., 2017*).

A drónos gyomfelvételezés egyik legnagyobb előnye a nagy térbeli és időbeli felbontás. Egy viszonylag kis méretű drón akár néhány hektárt is képes 10-15 perc alatt képes felmérni 10-15 hektárt, akár miliméteres felbontásra képes. Ez lehetővé teszi a gyakori monitorozást és a gyomosodás időbeli dinamikájának követését is. Ugyanakkor a technológiának meg vannak a maga korlátai is:

a rossz időjárási körülmények (pl. erős szél, eső) korlátozhatják a repülést,

a több ezer képből álló adatkészlet feldolgozása nagy számítási kapacitást igényel,

a fajszintű gyomazonosítás a jelenlegi módszerekkel még nem minden esetben megbízható.

A jövőbeni fejlesztések célja ezek leküzdése, különösen a fajszintű gyomdetektálás automatizálása, a mesterséges intelligenciával támogatott döntéshozatal és a gazdaságos szoftveres feldolgozórendszerek elterjesztése.

2.4 Precíziós növényvédelmi gépek és azok szerepe a drónos felvételezésben

A precíziós növényvédelem célja, hogy növényvédelmi kezeléseket a legnagyobb pontossággal és hatékonysággal végezzük el. Ezt a célt a drónok mellett a modern a precíziós permetezőgépek is szolgálják, amelyek képesek a megfelelő mennyiségű növényvédő szert csak ott kijuttatni, ahol valóban szükség van rá (*Zhang & Kovacs, 2022*).

A precíziós permetezőgépek, mint a Horsch és a John Deere gépei is, kulcsszerepet játszanak a fenntartható mezőgazdaságban és a gyomfelvételezésben (Horsch, 2022; John Deere, 2023).

2.4.1 A precíziós permetezőgépek működési elve

A precíziós permetezőgépek működése alapvetően az adatok valós idejű feldolgozására épül. A drónok által szolgáltatott adatokat, mint például a gyomnövények elhelyezkedése és állapota, a permetezőgépek automatikusan figyelembe veszik, így csak

azokba a területekbe juttatnak növényvédőszer, ahol a legnagyobb szükség van rá. A GPS alapú vezérlés és a szenzorok segítségével a gépek képesek a pontos területek kijuttatására (*Liu, Zhang, & Xue, 2023*).

Ezek a gépek a következő előnyöket kínálják:

Célzott kijuttatás: Csak a gyomokkal borított területeken alkalmaznak növényvédőszer (*Liu et al., 2023*).

Víz és növényvédőszer megtakarítása: A szerek pontos, helyspecifikus alkalmazása, ami csökkenti a növényvédőszer mennyiségét (*Goel & Singh, 2024*).

Kisebb környezetterhelés: A permetezett szerek mennyiségének csökkentése hozzájárul a környezet védelméhez, és csökkenti a kémiai szerek levegőbe és vízbe való jutását (*Zhang & Kovacs, 2022*).

2.4.2 Integrált alkalmazás a drónos adatgyűjtés és a precíziós permetezés között

A drónok és a precíziós permetezőgépek alkalmazása egymást kiegészítve lehetővé teszi a térinformatikai alapú mezőgazdasági megoldásokat, mint például a kijuttatási térképek készítése. A drónok által gyűjtött multispektrális és hiperspektrális képek alapján az adott területek pontos adatain alapulva kijuttatási térképek hozhatóak létre, amely segíti a permetezőgép irányítását (*Zhang & Kovacs, 2022*).

A QSI (Quality Spatial Information) illetve más rendszerek segítségével a gyűjtött képi adatok és a drón által meghatározott területek digitális térképeken jeleníthetőek meg. Ezt követően a precíziós permetezőgépek, mint a Horsch és a John Deere modellek, az előre meghatározott térképek alapján a permetezést automatikusan végrehajtják, figyelembe véve a gyomok elhelyezkedését, a növények állapotát és a környezet védelmét (*Horsch, 2022*).

2.4.3 Horsch és John Deere precíziós permetezőgépek

A Horsch és a John Deere gépek különösen elterjedtek a precíziós permetezés területén. A Horsch Leeb permetezőgépek egyedi technológiával rendelkeznek, ami lehetővé

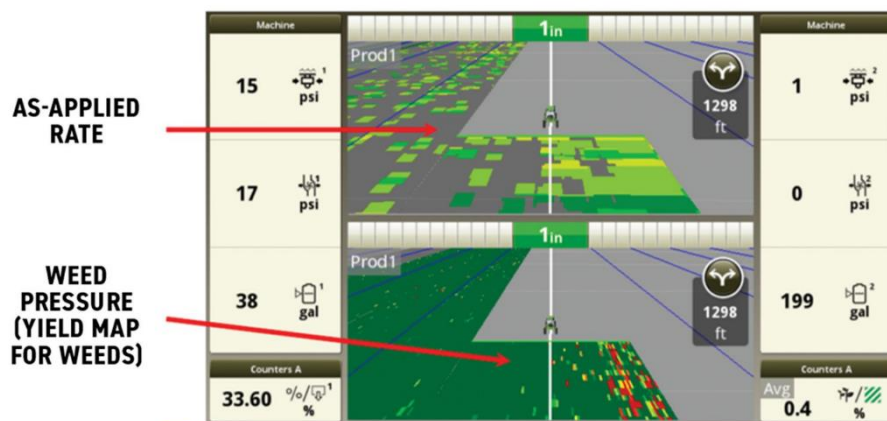


3. ábra Szakaszevezérlés működés közben, Horsch 2024, Forrás: Horsch, <http3>

teszi a kémia növényvédőszeres pontos és gazdaságos alkalmazását. Ezen kívül az Isobus rendszer és az automatikus vezérlés segíti a permetezőgépek működését, az adatok valós időben történő feldolgozása révén. A Horsch gépeiben az egyes szórófejek automatikusan kapcsolódnak be vagy ki, a terület pontos adatainak függvényében, amit a (3.ábra) is próbál szemléltetni (*Horsch, 2022*).

A John Deere precíziós permetezőgépek, például a John Deere R4000 Series modellek, a legmodernebb AutoTrac GPS (4.ábra) Technológiát alkalmazzák a permetezés vezérlésére. A drónok által készített térképek és a John Deere permetezőgépek közötti integráció lehetővé teszi a gyors reagálást és a tökéletes precízitást a gyomokkal fertőzött területeken (*John Deere, 2023*).

AS-APPLIED + WEED PRESSURE MAPS



4. ábra AutoTrac technológia használata növényvédelem közben, Beck's, 2024, Forrás: <http4>

2.4.4 Az integrált rendszer előnyei

Növényvédelmi hatékonyság növelése: A pontos és helyspecifikus kezelés révén a drónok és a precíziós permetezőgépek kombinációja biztosítja a növényvédelmi kezelések maximális hatékonyságát (Goel & Singh, 2024).

Fenntarthatóság: Az automatizált és precíziós rendszerek segítenek csökkenteni a kémiai anyagok felhasználását a növényvédelemben, ami nem csak gazdasági, hanem környezeti szempontból is előnyös (Zhang & Kovacs, 2022).

Termelékenység növelése: Az adat alapú döntéshozatal és a gyors reagálás révén a gazdálkodók több időt és energiát takaríthatnak meg, miközben javítják a termelékenységet (Liu et al., 2023).

2.5 Árvakelés és gyomok elkülönítése a precíziós növényvédelemben

A gyomszabályozás egyik kritikus pontja a kultúrnövényből származó árvakelés elkülönítése a gyomoktól. Az árvakelés a korábbi vetések visszamaradt magjaiból fejlődik ki, és bár genetikailag azonos az előző kultúrával, a vetésciklusban gyakran idegen növényként jelenik meg. Ez a versenyhelyzet a kultúrnövény és az árvakelés között a termés csökkenéséhez vezethet, különösen gabonaféléknél és olajnövényeknél (Lemerle et al., 2021).

2.5.1 Hazai tapasztalatok az árvakelés kezelésében

Magyarországi kísérletekben a Debreceni Egyetem és a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) kutatói kimutatták, hogy az árvakelés jelentős gyomosító tényező lehet napraforgóban és repcében (Torma et al., 2019). Az árvakelés felismerése hagyományos módszerekkel, terepi gyomfelvételezéssel lehetséges, azonban a digitális

technológiák alkalmazásával sokkal pontosabb térképek készíthetők a táblák heterogenitásáról. Lukács és munkatársai (2017) kimutatták, hogy a differenciált gyomfelvételezés, amely különböző vegetációs indexeken alapul, hatékonyan támogatja az árvakelés és a valódi gyomok megkülönböztetését.

2.6 Pix4D és adatfeldolgozási módszerek a precíziós növényvédelemben

A drónos monitorozás során gyűjtött adatok feldolgozása kulcsfontosságú lépés a precíziós növényvédelemben. A nyers légifelvételek önmagukban korlátozottan használhatók, ezért fotogrammetriai és térinformatikai eljárások segítségével alakítják át őket olyan információkká, amelyek a növényorvos számára döntéstámogató eszközt jelentenek (*Colomina & Molina, 2014*).

2.6.1 A Pix4D szerepe a mezőgazdasági gyakorlatban

A Pix4D az egyik legismertebb és legszélesebb körben használt szoftvercsalád a drónos felvételek feldolgozására. A Pix4Dmapper által előállított ortofotók és digitális felszínmodellek (DSM) alapot adnak a táblák térbeli heterogenitásának vizsgálatához. A Pix4Dfields pedig kifejezetten a mezőgazdasági alkalmazásokhoz fejlesztett modul, amely valós idejű feldolgozásra képes, így már a helyszínen elkészíthetők az első gyomfelvételezési térképek (*http5*).

Magyarországi példákban a MATE kutatói kukorica- és búzatáblákon végeztek drónos felméréseket, ahol a Pix4Dfields segítségével készült ortomozaikokat NDVI-indexszámítással kombinálták. Az eredmények alapján kimutatták, hogy a gyomos foltok térbeli mintázata jól elkülöníthető, és a szoftver által generált térképek közvetlenül felhasználhatók a precíziós permetezőgépek vezérléséhez (*Lukács et al., 2017*).

2.7 Gazdasági és környezeti hatások a precíziós gyomirtásban

A precíziós gyomirtás bevezetése nem csupán technológiai előrelépés, hanem a fenntartható mezőgazdaság egyik kulcseleme is. A gazdálkodók számára egyszerre kínál költségcsökkentési lehetőséget, környezeti előnyöket, valamint jobb növényvédelmi hatékonyságot. A teljes felületű kezeléseknél a herbicid kijuttatása független a gyomosodás térbeli mintázatától, ami gyakran túlkezeléshez vezet. A precíziós permetező rendszerek ezzel szemben foltkezelést vagy változó dózisos kijuttatást (VRA) alkalmaznak. A nemzetközi

kutatások szerint a herbicid-megtakarítás mértéke átlagosan 30–70% között mozog (*Vijayakumar et al., 2023*).

A hatóanyag-felhasználás csökkentése jelentősen mérsékli a talaj- és vízszennyezés kockázatát, valamint hozzájárul a biológiai sokféleség megőrzéséhez. Magyar kutatások (*http6*) kimutatták, hogy a precíziós gyomszabályozás alkalmazása a nitrátérzékeny területeken különösen fontos szerepet játszhat a környezeti terhelés csökkentésében.

2.8 Jövőbeli trendek és autonóm rendszerek a gyomszabályozásban

A precíziós mezőgazdaság jövője szorosan összekapcsolódik a digitalizáció, az automatizáció és a fenntarthatóság irányelveivel. A gyomszabályozásban ez különösen látványosan jelentkezik, hiszen a herbicid-felhasználás csökkentése és a rezisztencia lassítása globális kihívás. A fejlesztések egyik iránya az autonóm gyomirtó robotok elterjedése. Ezek a gépek képfeldolgozó algoritmusok és szenzorok segítségével képesek felismerni és megkülönböztetni a gyomokat a kultúrnövényektől, majd célzott beavatkozást végeznek. A kezelési mód lehet mechanikai (pl. robotkapálás), kémiai (célzott mikroszórás) vagy akár fizikai (lézer, elektromos áram) (*Wang et al., 2025*). Az autonóm rendszerek elterjedését a mesterséges intelligencián alapuló döntéstámogató platformok is kiegészítik. Ezek valós idejű előrejelzéseket és kezelési javaslatokat nyújtanak, amelyek a növényorvos szakmai felügyelete mellett alkalmazhatók.

2.9 Precíziós gyomszabályozás Magyarországon, EU-s és globális irányelvek a gyomszabályozásban

A precíziós növényvédelem hazai elterjedése az utóbbi évtizedben indult meg, részben a technológiai fejlődésnek, részben az agrárpolitikai ösztönzőknek köszönhetően. Magyarországon a gyomszabályozás területén a precíziós megoldások alkalmazása még gyerekcipőben jár, de több kutatási program és gyakorlati kísérlet is bizonyította, hogy a módszer gazdaságilag és környezetvédelmileg egyaránt ígéretes.

A MATE és a Debreceni Egyetem kutatói által végzett terepi vizsgálatokban drónos felvételezést és térinformatikai elemzéseket kombináltak a gyomosodás térképezésére. Az eredmények rámutattak arra, hogy a gyomok foltszerű előfordulása pontosan leképezhető, és ennek alapján jelentős herbicid-megtakarítás érhető el (*Lukács et al., 2017*).

Hazai példaként említhető az Agrofórum által is bemutatott gyakorlati kísérletsorozat, ahol a precíziós permetezés alkalmazásával a gazdák 30–40%-os hatóanyag-megtakarítást értek el anélkül, hogy a gyomirtás hatékonysága csökkent volna (*http7*).

A precíziós gyomszabályozás nemcsak technológiai újítás, hanem az európai és globális agrárpolitika szerves része is. Az elmúlt évtizedben egyre nagyobb hangsúly került a vegyszerhasználat csökkentésére, a fenntartható gazdálkodási gyakorlatok ösztönzésére és a környezeti kockázatok mérséklésére. Az Európai Unió „Farm to Fork” stratégiája célul tűzte ki a növényvédő szerek felhasználásának 50%-os csökkentését 2030-ig (*http8*). Ennek megvalósításában a precíziós technológiák, köztük a gyomszabályozás digitális eszközei kulcsszerepet játszanak. Globálisan is hasonló tendenciák figyelhetők meg: az USA-ban és Ausztráliában széles körben alkalmaznak precíziós gyomirtási rendszereket, amelyek révén csökkenthető a herbicid-rezisztencia kialakulása, miközben növelhető a fenntarthatóság (*Powles & Yu, 2010*).

2.10 Gyomfelismerés módszerei a precíziós növényvédelemben

A gyomfelismerés a precíziós gyomszabályozás legfontosabb lépése, hiszen a pontos azonosítás nélkül nem lehet célzott beavatkozást végezni. A módszerek fejlődése az elmúlt két évtizedben a manuális gyomfelvételezéstől a teljesen automatizált, mesterséges intelligencia alapú rendszerekig ível. A képfeldolgozáson alapuló rendszerek képesek a gyomnövények alakjának, színének és textúrájának elemzésére. Az elmúlt években a mélytanulási algoritmusok (pl. konvolúciós neurális hálózatok CNN) alkalmazása forradalmasította a gyomfelismerést (*Milioto et al., 2018*). Hazai viszonyok között a MATE kutatócsoportja végzett kísérleteket, amelyekben különböző gyomnövényeket (pl. disznóparéj, parlagfű) próbáltak elkülöníteni repcétáblákban drónos felvételek alapján. Az előzetes eredmények szerint a gépi tanulási modellek 85–90%-os pontossággal voltak képesek a gyomok azonosítására.

2.11 Drónok típusai és szerepük a gyomszabályozásban

A drónok (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) az elmúlt tíz évben a precíziós mezőgazdaság meghatározó eszközeivé váltak. A gyomszabályozás területén elsősorban adatgyűjtési, monitoring és egyre inkább közvetlen növényvédelmi beavatkozási feladatokra alkalmazzák őket (*Radoglou-Grammatikis et al., 2020*).

A drónok két fő kategóriája különíthető el:

multirotoros drónok, amelyek nagy manőverezőképeséggel rendelkeznek, és kisebb területek, illetve részletes vizsgálatok esetén ideálisak,

merevszárnyú drónok, amelyek nagyobb hatótávolságot és hosszabb repülési időt biztosítanak, így nagyobb táblák felmérésére alkalmasak.

Magyarországi példákban főként multirotoros drónokat alkalmaznak, mivel ezek a kisebb gazdaságok igényeihez jobban igazodnak. Az utóbbi években azonban egyre több kísérlet indult drónos permetezésre is, amely az Állami Növényvédelmi Szolgálat szabályozási keretei között folyamatosan terjed.

2.12 Vegetációs indexek szerepe a precíziós növényvédelemben

A vegetációs indexek a távérzékelés legfontosabb mutatói közé tartoznak, amelyek a különböző spektrális tartományokból származó adatok kombinálásával adnak képet a növényzet állapotáról. Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a legszélesebb körben alkalmazott mutató, amely az egészséges növényzet azonosítását teszi lehetővé. Bár egyszerű és jól értelmezhető, hátránya, hogy telítődhet magas biomaszra esetén (*Huete et al., 2002*). Az EVI (Enhanced Vegetation Index) jobban különbséget tud tenni a magas biomaszra tartományban, és kevésbé érzékeny az atmoszférikus hatásokra. Emellett a GNDVI és SAVI indexek is széles körben használatosak a gyomok és a kultúrnövények elkülönítésére (*Gao et al., 2022*). A növényorvos számára a vegetációs indexek kulcsfontosságúak, mivel lehetővé teszik a gyomos foltok térképezését és a célzott kezelés meghatározását.

2.13 Magyarországi kutatási projektek és kísérletek a precíziós gyomszabályozásban

A precíziós gyomszabályozás hazai elterjedése szoros kapcsolatban áll a kutatási programokkal és a gyakorlati kísérletekkel. Magyarországon több egyetem és kutatóintézet is végez olyan vizsgálatokat, amelyek a precíziós technológiák adaptálhatóságát tesztelik a hazai viszonyokra. A Debreceni Egyetem kísérleteiben például kukorica- és napraforgótáblákban vizsgálták a gyomok térbeli eloszlását drónos felmérések és Pix4D szoftver segítségével. Az eredmények azt mutatták, hogy a gyomos foltok jól elkülöníthetők, és a térképek felhasználhatók a változó dózisu kijuttatási tervek készítésére (*Lukács et al., 2017*). A MATE kutatói szintén folytattak vizsgálatokat repcetáblákban, ahol a gyomnövények (pl. parlagfű, disznóparéj) elkülönítését végezték különböző vegetációs

indexek segítségével. Az előzetes eredmények szerint a GNDVI index pontosabban jelezte a gyomos foltok jelenlétét, mint az NDVI (*Torma et al., 2019*).

Az Agrárgazdasági Kutatóintézet (AKI, 2020) elemzései pedig a precíziós technológiák gazdasági hatásait vizsgálták. A számítások szerint a precíziós gyomszabályozás 20–30%-os költségmegtakarítást eredményezhet a kisebb üzemekben, míg nagyobb területeken a megtakarítás elérheti az 50%-ot is.

2.14 Innovációk és jövőbeni perspektívák a precíziós gyomszabályozásban

A precíziós gyomszabályozás folyamatos fejlődésben van, és a következő években várhatóan még nagyobb szerepet kap a digitalizáció és az automatizáció. A kutatási irányok és a technológiai újítások közvetlen hatással lesznek a növényorvosi gyakorlatra, amelynek új kihívásokkal és lehetőségekkel kell szembenéznie. A gépi tanulás és a mesterséges intelligencia alkalmazása a gyomfelismerésben már ma is komoly előrelépést jelent. A jövő kutatásai várhatóan a prediktív modellek fejlesztésére fognak összpontosítani, amelyek képesek előre jelezni a gyomok megjelenését, terjedését és a gyomosodási mintázatok alakulását (*Milioto et al., 2018*).

Az integrált növényvédelem (IPM) alapelvei szerint a gyomszabályozásban is törekedni kell a növényvédőszer minimalizálására, a mechanikai, biológiai és agrotechnikai módszerek kombinálására. A jövőben a precíziós technológiák várhatóan szorosabban integrálódnak majd az IPM rendszerekbe, lehetővé téve a komplex növényorvosi megközelítést (*Powles & Yu, 2010*). Az alternatív gyomirtási módszerek, mint a lézeres, elektromos vagy mikrohullámú rendszerek, jelenleg még kísérleti fázisban vannak, de a közeljövőben egyre szélesebb körben válhatnak elérhetővé. Kutatások vizsgálják ezen módszerek hatékonyságát, költségeit és környezeti hatásait (*Zhang et al., 2024*).

A drónos, műholdas és szenzoros adatgyűjtés hatalmas mennyiségű adatot generál, amelynek hatékony feldolgozása és integrálása a jövő egyik kulcskérdése lesz. A big data technológiák és a felhőalapú rendszerek lehetővé teszik a többéves trendek vizsgálatát, valamint a gazdaságok közötti adatmegosztást és összehasonlítást (*Bazrafkan et al., 2025*). A precíziós gyomszabályozás fejlődésével a növényorvos szerepe is átalakul. A klasszikus gyomfelvételezés és vegyszerajánlás mellett egyre inkább a digitális agronómia szakértőjévé kell válnia, aki értelmezni tudja a távérzékelési adatokat, értékeli a mesterséges intelligencia rendszerek eredményeit, és ezek alapján komplex stratégiát javasol.

2.15 Szakirodalom összefoglalása

A feldolgozott szakirodalom alapján megállapítható, hogy a precíziós gyomszabályozás a jövő növényvédelmének meghatározó eleme. A technológia fejlődése – különösen a drónos adatgyűjtés, a Pix4D-hez hasonló szoftverek alkalmazása, valamint a vegetációs indexek és a mesterséges intelligencia használata új lehetőségeket teremt a gyomok és az árvakelés pontos elkülönítésére.

A hazai és nemzetközi kutatási eredmények egyaránt azt mutatják, hogy a precíziós gyomirtás nemcsak a környezeti terhelést csökkenti, hanem gazdasági szempontból is előnyös, hiszen jelentős hatóanyag-megtakarítást és költségcsökkentést eredményezhet. Ugyanakkor a technológia bevezetése komoly szakmai felkészültséget igényel: a növényorvos szerepe kulcsfontosságú a gyomfelismerés, a döntéstámogatás és a kezelési stratégiák kialakítása terén.

Az EU irányelvei és a hazai agrárpolitikai stratégiák egyértelműen támogatják a vegyszerhasználat csökkentését és a precíziós megoldások elterjesztését. Mindez jól illeszkedik a fenntartható mezőgazdaság céljaihoz, valamint a klímaváltozás és a rezisztencia elleni küzdelem globális törekvéseihez.

Összességében a szakirodalom áttekintése rávilágít arra, hogy a precíziós gyomszabályozás Magyarországon és világszerte is elkerülhetetlen fejlődési irány. A növényorvos számára ez egyszerre kihívás és lehetőség: a klasszikus növényvédelmi tudás kiegészítése a digitális agronómia ismereteivel, valamint a fenntarthatósági és gazdaságossági szempontok együttes érvényesítése.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A kísérlet helyszíne, előzményei és előkészítése

A kísérlet Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében, Miskolc közvetlen térségében került végrehajtásra, egy 3,8 hektáros táblán. A terület talajtípusa barna erdőtalaj, amely kedvező fizikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkezik, különösen a kalászos gabonák termesztése szempontjából. A régió éghajlata mérsékelt kontinentális, az éves átlaghőmérséklet körülbelül 9,5–10 °C, a csapadék mennyisége pedig 500–650 mm, ami alkalmas feltételeket biztosít a búzatermesztéshez (5. ábra).



5. ábra A kísérleti tábla elhelyezkedése Miskolc térségében Forrás: sajátkép

A kísérleti táblán a 2023/2024-es szezonban őszi búza került termesztésre, amelyet repce előzött meg a vetésciklusban. A repce betakarítását követően mélylazítás, majd rövidtárcsás talajművelés történt. A búza vetése előtt ismét rövidtárcsát alkalmaztak, biztosítva az aprómorzsás talajszerkezetet és az egyenletes magágyat. A vetést Horsch Pronto 4 DC vetőgéppel végezték, amely precíz sortávolságot és vetésmélységet garantált. A tápanyagellátás több lépcsőben zajlott. Ősszel, a vetést megelőzően 200 kg/ha pétisó került kijuttatásra és talajba dolgozásra. Tavasszal indító trágyaként ismét pétisót kapott a

növényállomány, majd két alkalommal 200–200 l/ha dózisban folyékony nitrogénműtrágyát (Nitrosol) juttattak ki a területre.

A növényvédelem során a gyomszabályozást Genius WG készítménnyel végezték (50 g/kg aminopirialid + 25 g/kg floraszulám + 50 g/kg kloquintocet-mexil + 50 g/kg piroxszulám hatóanyag-tartalommal). A zászlóslevél védelmét Stamina fungicid (trifloxistrobin + protiokonazol) biztosította, majd kalászás idején Revycare kezelés történt (mefentriflukonazol + piraklostrobin hatóanyagokkal).

A betakarításra 2024 júliusában került sor, CLAAS LEXION 660 típusú, szalmarázóládás kombájnnal. A betakarítást követően nehéztárcsás tarlóhántás történt, majd a táblát bolygatatlanul hagyták (6. ábra).



6. ábra A kísérleti tábla a búza betakarítása után, a tarlóhántást követően Forrás: sajátkép

3.2 A vizsgált terület gyomosodásának felmérése

A kísérlet első fázisában kézi, kvadrátos gyomfelvételezést végeztem annak érdekében, hogy a későbbi drónos felvételek kiértékeléséhez megbízható terepi referencia adatok álljanak rendelkezésre. A felvételezésre 2024. október 18-án került sor, közvetlenül a tarlóhántást követő gyomkeelési hullám idején, amikor a gyomok és az árvakelés már jól felismerhető fejlettségi állapotban voltak. A vizsgálat időzítése kulcsfontosságú volt, hiszen ekkor a gyomnövények többsége csíranövény vagy néhány lomblevelű állapotban volt, így jól azonosíthatóan elkülönültek a tábla felületén. A terepi felvételezés során 1×1 méteres kvadrátokat alkalmaztam, összesen 20 darabot. Ezeket a táblán szisztematikus és reprezentatív módon helyeztem el: A szegélyeken, a belső részekben és a domborzati eltéréseknek megfelelően változó vízmegtartó képességű zónákban egyaránt. Ez a mintavételi elrendezés lehetővé tette, hogy a tábla gyomosodásának foltszerűségét minél jobban visszaadja a felmérés. A kvadrátok sarkait fehér papírbójákkal jelöltem meg (7.ábra).



7.ábra 1×1 méteres kvadrát kijelölése a kísérleti táblán fehér jelölőbójákkal Forrás: sajátkép

A kvadrátokon belül minden gyomnövény előfordulását fajszinten azonosítottam, majd rögzítettem azok egyedszámát és borítását százalékban. A borítás vizuális becsléssel történt, az adott faj által fedett területet viszonyítva a teljes kvadrátfelülethez. A felvételezés eredményei alapján a kvadrátokban legnagyobb arányban az árvakelés búza (*Triticum aestivum*) fordult elő, amely a teljes gyomborítás döntő részét tette ki (8.ábra). Emellett több kétszikű gyomnövény jelenléte is kimutatható volt, amelyek közül a legfontosabbak:

Árvakelés repce (*Brassica napus*), kisebb foltokban, jellemzően a táblaszéleken.

Parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), közepes borítással, elszórtan a területen.

Disznóparéj fajok (*Amaranthus* spp.), főként kisebb egyedszámban.

Kövér porcsin (*Portulaca oleracea*), elsősorban a kötöttebb, nedvesebb foltokban.

Keszegsaláta (*Lactuca serriola*), szórványosan.

Fehér libatop (*Chenopodium album*), amely a korábbi évekhez hasonlóan most is megjelent a területen.

Mezei acat (*Cirsium arvense*), amely főként élő foltokban, kisebb, de jellegzetes tőállományban jelent meg.



8. ábra Árvakelés búza dominanciája a kvadrátban, egyéb gyomfajokkal együtt. Forrás: sajátkép

Ezen kívül a kvadrátokban szórványosan előfordultak kisebb borítású, kevésbé releváns fajok is, (9.ábra) azonban ezek jelenléte a gyomosodás összképét érdemben nem befolyásolta, ezért nem kerültek részletes elemzésre. Az egyedszám és a borítás értékei összességében azt mutatták, hogy bár a területet döntően a búza árvakelése uralta, a kvadrátok több mint felében kimutatható volt legalább három különböző gyomfaj egyidejű jelenléte. A mezei acat évelő életformája külön figyelmet érdemel, hiszen gyöktörzsese szaporodása révén a későbbi állományban is meghatározó gyomként jelenhet meg. Ez a fajösszetétel és foltszerűség jól illusztrálja, hogy a tarlóhántás utáni időszakban a gyomosodás heterogén módon alakul, és pontos térképezése a precíziós növényvédelem egyik alapvető követelménye. A kvadrátos kézi gyomfelvételezés tehát részletes információt szolgáltatott a fajösszetételről és a gyomborítás mértékéről.



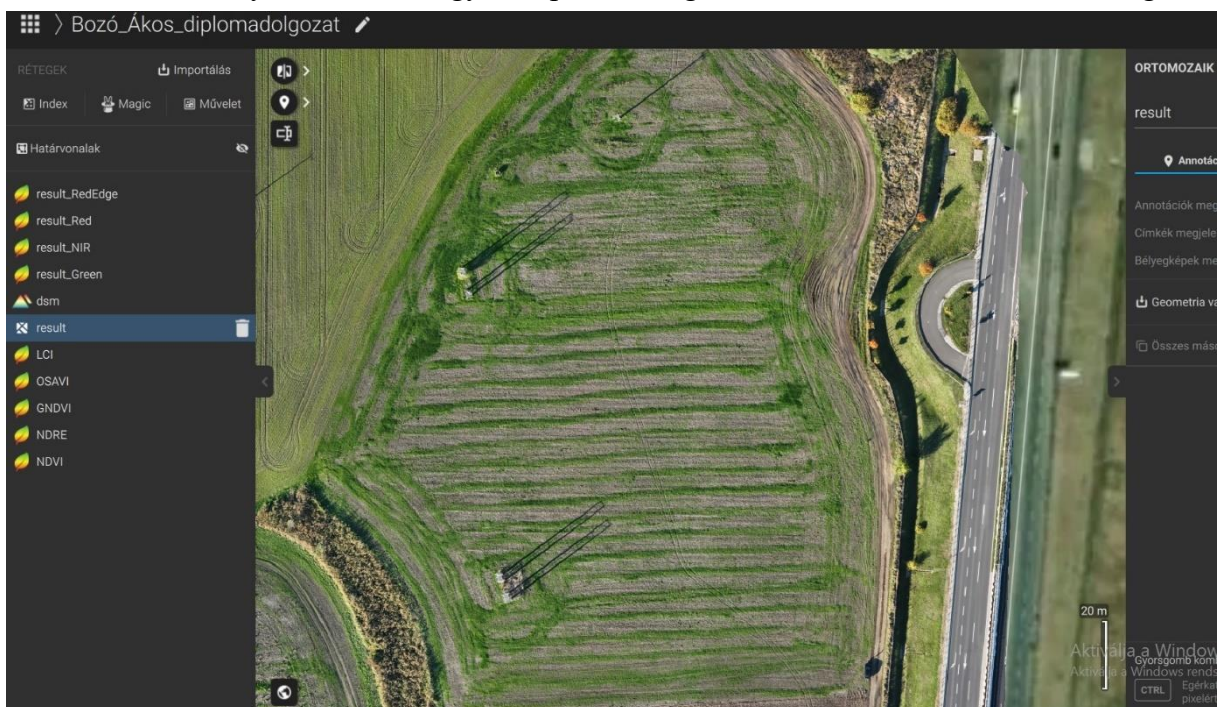
9.ábra Jellemző gyomnövények a kvadrátos felvételezés során (repce árvakelés, parlagfű, disznóparéj, libatop, mezei acat) Forrás: sajátkép

3.3A drónos adatgyűjtés

A kísérlet második fázisában drónos légifelvételést végeztem, amely lehetővé tette a kvadrátos mechanikus felvételzés eredményeinek kiterjesztését a teljes kísérleti területre. A drónos adatgyűjtés előnye, hogy rövid idő alatt, nagy felbontású, térben és spektrálisan részletes adatok állíthatók elő, amelyekből vegetációs térképek készíthetők. A felvételzésre 2024. október 25-én került sor, kedvező meteorológiai körülmények között. A felvétel idején a szélesség alacsony volt (<3 m/s), a hőmérséklet 15 °C körül alakult, és felhőtlen égbolt biztosította az egységes fényviszonyokat. Az időjárási stabilitás alapvető követelmény a megbízható, később összehasonlítható ortomozaikek elkészítéséhez. A repülés során DJI monitoring drónt használtunk, amely egyszerre alkalmas RGB és multispektrális adatgyűjtésre.

3.3.1 RGB felvételzés

Az első repülést RGB kamerával végeztük, amely a látható fény (vörös, zöld, kék) tartományában készített nagy felbontású képeket. Az RGB felvételek (10.ábra) elsődleges célja az volt, hogy ortomozaikek állítsak elő, amely alapréteggként szolgált a kvadrátok azonosításához és a gyomfoltok vizuális beazonosításához. A repülési magasságot 30 – 40 méterre állítottuk be, amely mellett a kamera által biztosított térbeli felbontás körülbelül 2 – 3 cm/pixel volt. adatokkal. A repülési útvonal előre meglett tervezve, 70% -os hosszirányú és 80% -os keresztirányú átfedéssel, így a képek feldolgozása során torzításmentes, homogén

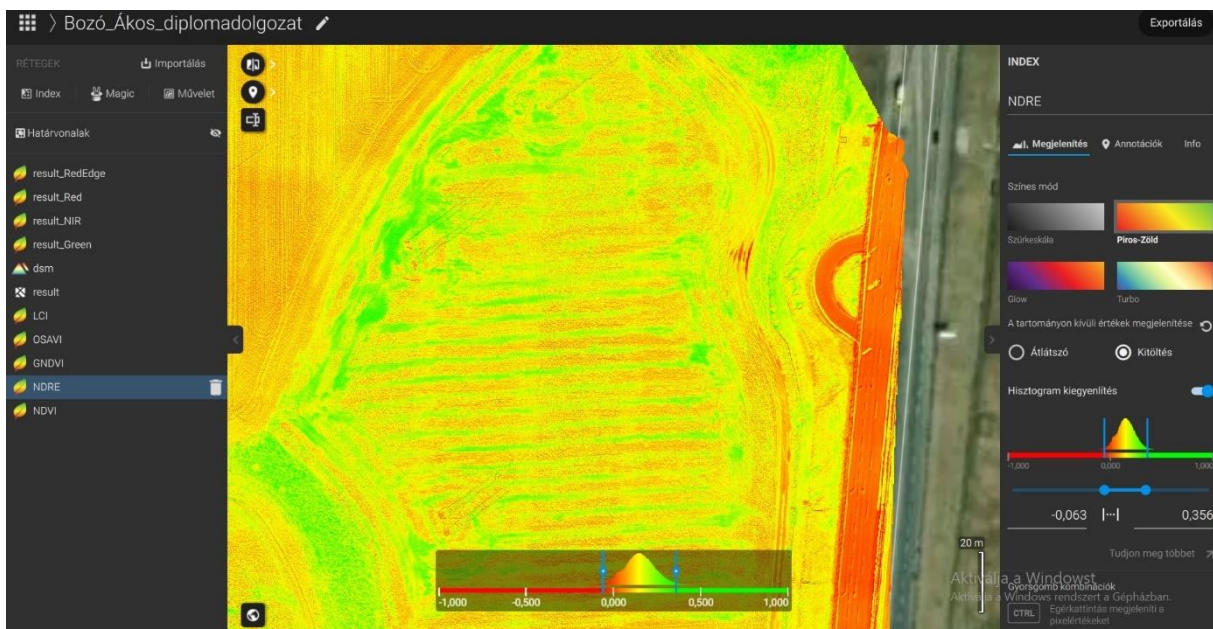


10. ábra RGB felvétel a Pix4D programban. Forrás: sajátkép

ortofotó állt elő. Az RGB ortomozaik vizuális értelmezése során egyértelműen megjelentek a nagyobb foltokban előforduló gyomnövények. Az árvakelés búza homogén, sötétzöld foltokként rajzolódott ki, míg a nagyobb levelű gyomfajok például a mezei acat (*Cirsium arvense*) jellegzetes alakjukkal és levélstruktúrájukkal szabad szemmel is elkülöníthetőek voltak. A kisebb levelű és alacsonyabb gyomok (pl. kövér porcsin, libatop) viszont gyakran összerosódtak az árvakeléssel, ami rávilágított arra, hogy az RGB felvételek önmagukban korlátozottan alkalmasak a pontos fajszintű elkülönítésre.

3.3.2 Multispektrális felvételezés és vegetációs indexek feldolgozása

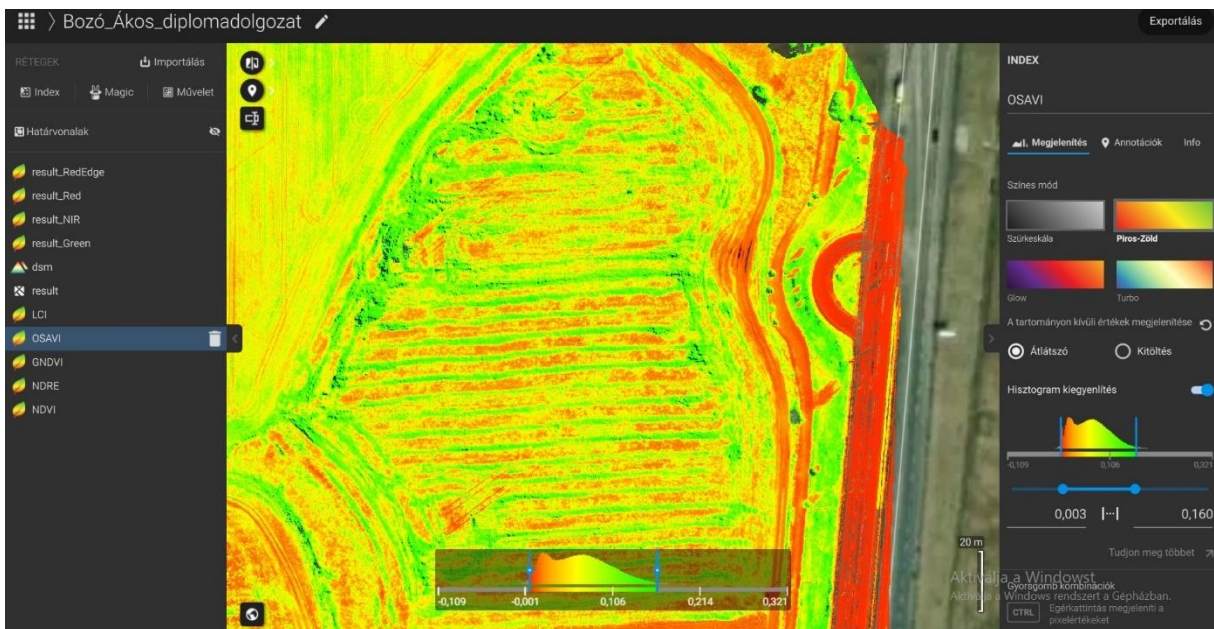
A multispektrális felvételezés célja a növényzet állapotának és a gyomosodás mértékének térbeli vizsgálata volt a Felsőzsolcai SI-TI Kft. 3,8 hektáros mintaterületén. A repülések DJI Mavic 3 Multispectral multispektrális drónnal történtek, amely a látható és közeli infravörös tartományban (NIR) is rögzített képeket. A felvételek feldolgozása Pix4Dfields szoftverben zajlott, amely a drón által készített ortomozaikokat és spektrális sávokat automatikusan illesztette és kalibrálta. A feldolgozás során külön rétegek kerültek előállításra, többek között a vörös (RED), zöld (GREEN), közeli infravörös (NIR) és vörös szegély (REDEGE) sávokból (11.ábra).



11.ábra A különböző rétegek a Pix4D-ben, Forrás: sajátkép

3.4 Adatfeldolgozás és statisztikai elemzés

A felvételezésekből származó adatok feldolgozása több lépésben zajlott, a cél az volt, hogy a különböző vegetációs indexek alapján meghatározható legyen a gyomosodás mértéke és eloszlása a vizsgált területen. A feldolgozás során az NDVI indexet kizártam az elemzésből, mivel az abból származó értékek több esetben irreális, szélsőséges tartományba estek, ami torz eredményekhez vezetett volna. Ennek oka feltehetően a szenzor kalibrációjában és a fényviszonyokból eredő radiometriai hibákban keresendő. A végleges kiértékelés négy, megbízhatóan működő vegetációs indexre épült: az NDRE, a GNDVI, az OSAVI és az LCI mutatókra. Ezek az indexek különböző spektrális tartományok kombinálásával jellemzik a növényzet klorofilltartalmát, vitalitását és a talajfelszín állapotát, így alkalmasak a gyomos foltok azonosítására és a növényállomány általános állapotának meghatározására. A drónfelvételek feldolgozása a Pix4D Fields szoftver segítségével történt (12.ábra). Az egyes vegetációs indexek térképi állományait (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) külön rétegeként importáltam, majd ezekről az adatokat mintapontonként kinyertem. A mérések eredményeit egységes Excel-táblázatban rögzítettem, ahol minden mintapont esetében szerepeltek a vegetációs indexek numerikus értékei, valamint három kategóriaváltozó: a gyomosodás jelenléte (gyomos / nem gyomos), és ezeknek a zavaró tényezői, hogy van-e zavarás vagy nincs, zavaráson belül pedig 3 tényezőt vizsgáltam,



12. ábra A vegetációs indexek térképi rétegei a Pix4D Fields szoftverben. Forrás: sajátkép

árnyék, keréknyom, és árnyék-keréknyom előfordulását. A táblázat végső formájában 320 mintapontot tartalmazott, ami már kellő adatmennyiséget biztosított a statisztikai feldolgozáshoz. Az egységesítés során minden adattípust, ami nem számot tartalmaz, kisbetűs

formában rögzítettem, hogy az SPSS program megfelelően tudja kezelni. A statisztikai elemzést az SPSS Statistics szoftver segítségével végeztem. Első lépésben leíró statisztikai vizsgálat készült, amely során kiszámítottam az indexek átlag, minimum, maximum és szórásértékeit. Ezt követően megvizsgáltam a vegetációs indexek közötti összefüggéseket, valamint azok kapcsolatát a mintapontok kategóriaváltozóival. A statisztikai feldolgozás során korrelációs és varianciaanalízist alkalmaztam, amelyek segítségével értékelni lehetett az egyes indexek közötti viszonyokat és eltéréseket a gyomos és nem gyomos minták között.

A feldolgozás célja az volt, hogy a statisztikai összefüggések alapján megállapítható legyen, mely vegetációs indexek alkalmazhatók legmegbízhatóbban a gyomos foltok azonosítására, és mely mutatók adhatnak alapot a precíziós gyomszabályozás térképi megjelenítéséhez és kijuttatási tervének elkészítéséhez.

3.5 Eredmények feldolgozásának előkészítése

A statisztikai feldolgozást megelőzően az adatállomány ellenőrzése és előkészítése kulcsfontosságú lépés volt a megbízható eredmények eléréséhez. Az adattisztítás során elsősorban az esetleges hibás, hiányzó vagy szélsőséges értékek kiszűrésére került sor. A táblázatban rögzített adatok átvizsgálása után az egyértelműen hibás vagy irreális adatsorokat eltávolítottam, illetve szükség esetén egységes formátumra hoztam az eltérő mértékegységeket és jelöléseket.

Sorszá	Gyomos (Igen/Nem)	Zavarás	NDRE	GNDVI	OSAVI	LCI
1	Igen	nincs	0,2532	0,72151	0,11449	0,36878
2	Igen	nincs	0,19525	0,57997	0,0519	0,26395
3	Nem	nincs	0,19321	0,35276	0,02835	0,22884
4	Igen	nincs	0,17162	0,51833	0,04999	0,21781
5	Igen	keréknyom	0,16679	0,65531	0,10805	0,25706
6	Nem	nincs	0,09911	0,33063	0,01811	0,12014
7	Nem	keréknyom	0,07203	0,45637	0,02773	0,089
8	Igen	keréknyom	0,00347	0,389	0,05099	0,00483
9	Nem	árnyék	0,08543	0,37407	0,02472	0,11155
10	Igen	árnyék, keréknyom	0,13076	0,64116	0,10187	0,21106
11	Igen	nincs	0,10314	0,35348	0,04295	0,14038
12	Igen	árnyék	0,16997	0,63791	0,09702	0,26035
13	Igen	nincs	0,14149	0,5391	0,07551	0,20864
14	Nem	nincs	0,08323	0,20829	0,02994	0,1096
15	Nem	nincs	0,13739	0,44915	0,02875	0,16301
16	Nem	nincs	0,8236	0,30025	0,02055	0,097
17	Igen	árnyék	0,27207	0,7441	0,10222	0,3983
18	Igen	nincs	0,23443	0,69979	0,12554	0,3505
20	Igen	nincs	0,1264	0,65167	0,14	0,20146
21	Igen	árnyék	0,22797	0,47341	0,06805	0,29147
22	Nem	árnyék	0,11966	0,34966	0,02612	0,14977
23	Igen	nincs	0,17406	0,6084	0,08871	0,25111
24	Igen	keréknyom	0,29437	0,65907	0,0583	0,41412
25	Igen	nincs	0,06496	0,3994	0,04512	0,0927
26	Igen	árnyék	0,10653	0,45359	0,05706	0,14709

13. ábra A mintapontok vegetációs indexeinek adatbázisa Excel formátumban. Forrás: sajátkép

A vegetációs indexek közül az előzetes feldolgozási tapasztalatok alapján az NDVI értékek nem bizonyultak megbízhatónak, ezért ezeket a vizsgálatból kizártam. Az NDRE, GNDVI, OSAVI és LCI mutatók viszont stabil és konzisztens adatokat szolgáltatottak, így ezek kerültek be az elemzésbe. E négy index eltérő spektrális információt hordoz, ezért a kombinált értékelés lehetővé tette, hogy a növényzet állapotát több szempontból is meg lehessen ítélni, valamint a gyomos foltok és a kultúrnövények közötti különbségek pontosabban kirajzolódjanak. A 320 mintapont elegendő statisztikai alapot biztosított ahhoz, hogy az egyes vegetációs indexek értékei alapján a gyomosodás mértéke, az árnyékoltság és a keréknyom előfordulása között összefüggéseket lehessen keresni.

A végleges adatbázis ezután az SPSS Statistics programba került importálásra, ahol az adatok típusainak (numerikus és kategóriaváltozók) megfelelően beállítottam a változók tulajdonságait, valamint előkészítettem az elemzési modellt. A változók közötti kapcsolatokat korrelációs és varianciaanalízis segítségével vizsgáltam, előkészítve az eredmények statisztikai értékelését. Az előfeldolgozás célja az volt, hogy az adatokból kiszűrhető legyen minden olyan hibaforrás, amely a későbbi értelmezést torzíthatná, és biztosítva legyen, hogy a kiértékelés során kapott eredmények megbízható alapot nyújtsanak a precíziós gyomszabályozás térképi megjelenítéséhez és döntéstámogató elemzéséhez.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A vizsgált terület gyomnövényzetének bemutatása

A gyomfelvételezést 2024. október 18-án végeztem a vizsgált kísérleti területen, a gyomflóra fajösszetételének és borítottságának meghatározása céljából. A felvételezést 20 darab 1 m²-es kvadrátban végeztem el, véletlenszerű elrendezésben. Minden kvadrátban rögzítettem a jelen lévő gyomfajok borítottságát százalékos formában, vizuális becslés alapján. A felmérés során a kultúrnövény-árvakelések (búza és repce) ugyanúgy gyomként kerültek értékelésre, mivel ezek a növények az adott táblarészben nem célkultúrát képeztek, így konkurenciát jelentettek a következő vetés számára.

A felvételezés eredményeit az alábbi táblázat foglalja össze:

1. Táblázat A vizsgált területen előforduló gyomfajok átlagos borítottsága

(Forrás: saját gyomfelvételezési lista)

Faj	Átlagos borítás %-ban
<i>Triticum aestivum</i> (búza árvakelés).	80,45
<i>Brassica napus</i> (repce árvakelés).	11,82
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> (parlagfű).	3,11
<i>Portulaca oleracea</i> (kövér porcsin).	3,47
<i>Lactuca seriola</i> (keszegsaláta)	1,75
<i>Melandrium album</i> (fehérmécsvirág)	4,17
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (pásztortáska)	3,00
<i>Amaranthus retroflexus</i> (szőrös disznóparéj)	2,75
<i>Symphytum officinale</i> (fekete nadálytő)	5,00
<i>Cirsium arvensis</i> (mezei aszat)	4,80

Az 1. táblázatból egyértelműen látható, hogy a mintaterületet az árvakelésű búza dominálta, amely a felvett kvadrátokban átlagosan 80% fölötti borítottságot mutatott. Ez arra utal, hogy a korábbi kalászos termesztésből visszamaradt magok jelentős mértékben kikeltek, és a következő kultúra számára jelentős kompetíciós nyomást képviselnek. A repce árvakelés további 11,82%-kal járult hozzá a növényborításhoz, így a két árvakelés együtt a teljes borítás több mint 90%-át adta. A kétszikű gyomfajok mint a parlagfű, mécsvirág, pásztortáska, disznóparéj és mezei aszat jóval alacsonyabb, 2–5% közötti borítottságot mutattak,

jellemzően mozaikos eloszlásban, főként a ritkább növényállományú foltokban. A kövér porcsin és a keszegsaláta előfordulása elsősorban a bolygatott, lazább szerkezetű és nedvesebb mikrohelyekhez köthető, míg a parlagfű és a mezei aszat inkább a táblaszéleken és a tápanyagban gazdag zónákban volt megfigyelhető. A fajonkénti borítottsági értékek összege meghaladja a 100%-ot, ami terepi körülmények között természetes jelenség, mivel a növények térben egymást átfedve, több szinten borítják a talajfelszínt.

A gyomfelvételezés eredményei megbízható alapot biztosítanak a drónos felvételezésből származó vegetációs indexek (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) értelmezéséhez, és hozzájárulnak a helyspecifikus gyomszabályozás kidolgozásához.

4.2 Leíró statisztikai eredmények

A vizsgált mintaterületen (n = 320) négy különböző vegetációs indexet (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) értékeltem, a növényállomány állapotának és a gyomosodás mértékének jellemzése céljából. A statisztikai feldolgozást az IBM SPSS Statistics 29 programmal végeztem. Az adatok a Pix4D Fields szoftverből exportált, multispektrális ortomozaikok raszterértékei alapján kerültek feldolgozásra. A számítások során az indexek minimum, maximum, átlag és szórásértékeit határoztam meg, amelyek a láthatóak a (2. táblázat).

2. táblázat A vegetációs indexek leíró statisztikai jellemzői (n = 320)

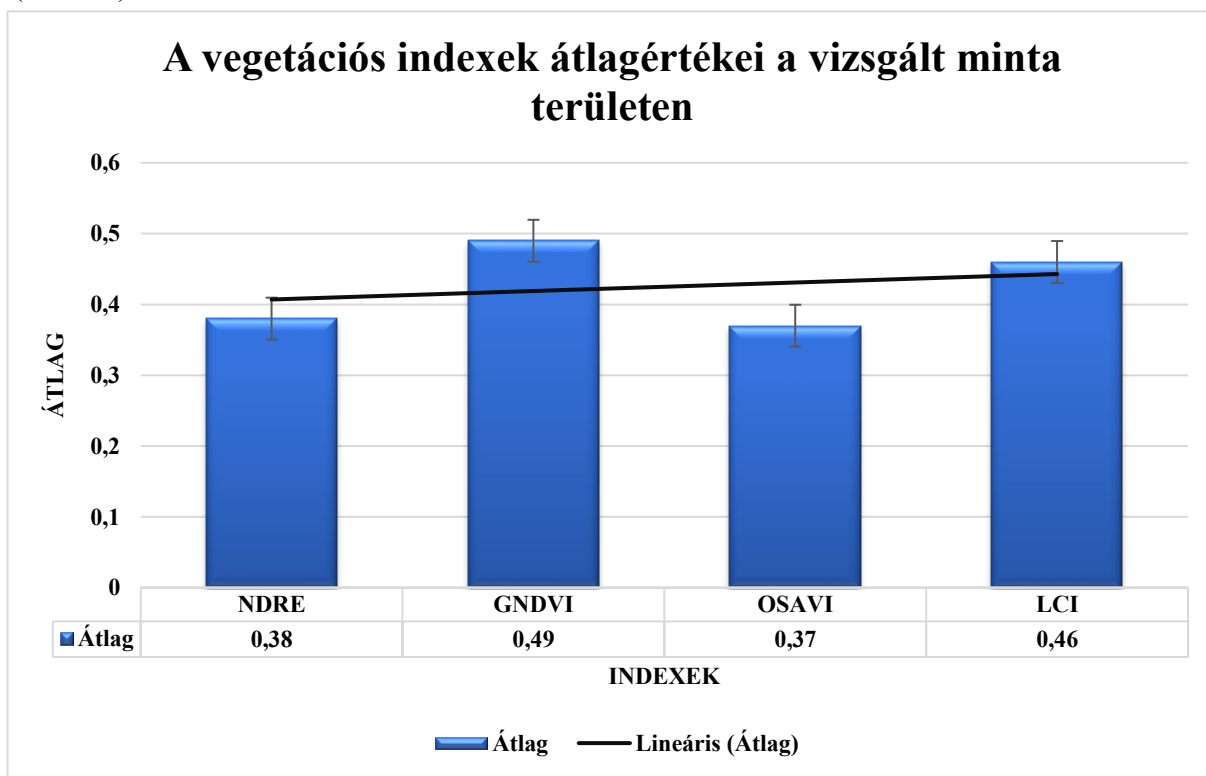
(Forrás: saját spss output)

Index	Minimum	Maximum	Átlag	Szórás (Std. Dev.)
NDRE	0,19	0,61	0,38	0,08
GNDVI	0,27	0,70	0,49	0,09
OSAVI	0,22	0,56	0,37	0,07
LCI	0,31	0,63	0,46	0,06

A 2. táblázat adatai alapján az NDRE és az OSAVI indexek mutatták a legalacsonyabb átlagértékeket, ami a gyomos foltok és a növényállomány heterogenitásának jelenlétére utal. A GNDVI és az LCI magasabb értékei ezzel szemben a zöld növényi biomassza és a klorofilltartalom kedvezőbb állapotát jelzi. A szórásértékek (0,06-0,09) mérsékelt térbeli

heterogenitást jeleznek, ami arra utal, hogy a vegetációborítottság alapvetően egyenletes, de a kisebb gyomfoltok és növényzeti hiányok helyenként megjelennek. Ez alátámasztja a vizuális megfigyeléseket is: A táblaszéleken és a keréknyomos zónákban a növényzet gyengébb kondíciót mutatott.

A vizsgálat során a négy alkalmazott vegetációs index (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) átlagértékeit hasonlítottam össze. Az eredmények alapján a GNDVI mutatta a legmagasabb átlagos vegetációs aktivitást (0,49), míg az OSAVI értéke volt a legalacsonyabb (0,37). Az NDRE és LCI indexek köztes értékeket vettek fel (0,38, illetve 0,46), ami arra utal, hogy a mintaterületen a növényállomány állapota viszonylag egyenletes, de kisebb különbségek kimutathatók. A lineáris trendvonal enyhén pozitív irányú összefüggést jelez az indexek között, ami arra utal, hogy a vegetációs mintázatok térben hasonló eloszlást mutatnak (14.ábra).



14.ábra A vegetációs indexek átlagértékei a vizsgált minta területen. Forrás: saját spss output

4.3 A vegetációs indexek közötti korrelációk vizsgálata

A vegetációs indexek (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) közötti kapcsolat erősségének és irányának meghatározása céljából korrelációelemzést végeztem az IBM SPSS Statistics 29 program segítségével. A vizsgálat célja annak feltárása volt, hogy az egyes indexek milyen mértékben mutatnak hasonló mintázatokat a növényállomány spektrális jellemzőiben,

valamint melyek reagálnak legérzékenyebben a növényborítottság és a gyomosodás változásaira. A számítások eredményeit a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat A vegetációs indexek közötti korrelációs együtthatók (*r*) és szignifikanciaszintek (*p*) (Forrás: Saját számítás SPSS output alapján.)

Összehasonlítás	Korrelációs együttható (<i>r</i>)	Szignifikancia (<i>p</i>)	Kapcsolat jellege
NDRE – GNDVI	0,879	< 0,001	Erős pozitív korreláció
NDRE – OSAVI	0,115	0,026	Gyenge pozitív korreláció
NDRE – LCI	0,594	< 0,001	Közepesen erős pozitív korreláció
GNDVI – OSAVI	0,529	0,002	Közepesen erős pozitív korreláció
GNDVI – LCI	0,826	< 0,001	Erős pozitív korreláció
OSAVI – LCI	0,385	0,014	Gyenge–közepes pozitív korreláció

Az eredmények alapján az indexek közötti kapcsolatok többnyire szoros és szignifikáns pozitív összefüggést mutatnak, ami arra utal, hogy az NDRE, GNDVI és LCI indexek hasonló módon reagálnak a növényzet klorofilltartalmának és zöld biomasszájának változásaira. A legmagasabb korrelációs érték az NDRE és GNDVI ($r = 0,879$; $p < 0,001$) között volt megfigyelhető, ami erős pozitív kapcsolatot jelez, és azt támasztja alá, hogy a két index azonos spektrális tartományban, a közeli infravörös és a zöld sávok érzékenységén alapul. Hasonlóan magas korreláció mutatkozott a GNDVI és LCI ($r = 0,826$; $p < 0,001$) között, amely a levelek klorofilltartalmával való szoros kapcsolatot erősíti meg. Az OSAVI index ezzel szemben gyengébb kapcsolatot mutatott a többi indexszel, különösen az NDRE-vel ($r = 0,115$; $p = 0,026$). Ez arra utal, hogy az OSAVI jobban korrigálja a talajhatást, és elsősorban a vegetációs fedettség általános jellemzésére alkalmas, kevésbé érzékeny a klorofilltartalom finom különbségeire.

Összességében elmondható, hogy a vizsgált vegetációs indexek egymást kiegészítve adnak pontos képet a növényállomány állapotáról. Az NDRE, GNDVI és LCI indexek

különösen alkalmasak a gyomosodás mértékének, valamint a növények fiziológiai kondíciójának becslésére, míg az OSAVI a vegetációs fedettség térbeli mintázatainak értelmezésében nyújt kiegészítő információt.

Ezek az eredmények jól illeszkednek a leíró statisztikai elemzés következtetéseire, és megerősítik, hogy az indexek kombinált alkalmazása megbízható alapot biztosít a precíziós növényvédelmi döntéstámogatás számára.

4.4 A vegetációs indexek és a gyomosodás közötti kapcsolat varianciaanalízise (ANOVA)

A gyomosodás értékelésére a területet felosztottam gyomos – jellemzően a betakarítás rendjei alatti sáv, és gyommentes területekre. Utóbbi esetben csak a természetes gyomnövényzet jelenléte volt tapasztalható. A vegetációs indexek (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) és a gyomosodás közötti kapcsolatot egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltam. A cél az volt, hogy kimutatható-e statisztikailag szignifikáns különbség a gyomos és gyommentes minták között az egyes indexek értékeiben. A vizsgálatot az IBM SPSS Statistics 29 program segítségével végeztem, a „Tests of Between-Subjects Effects” táblázat alapján, ahol minden vegetációs indexre külön F-próba és szignifikanciaszint (p) került meghatározásra (4.táblázat).

Az eredményeket a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat Az ANOVA eredményei a gyomosodás hatására.

(Forrás: saját táblázat és adatok)

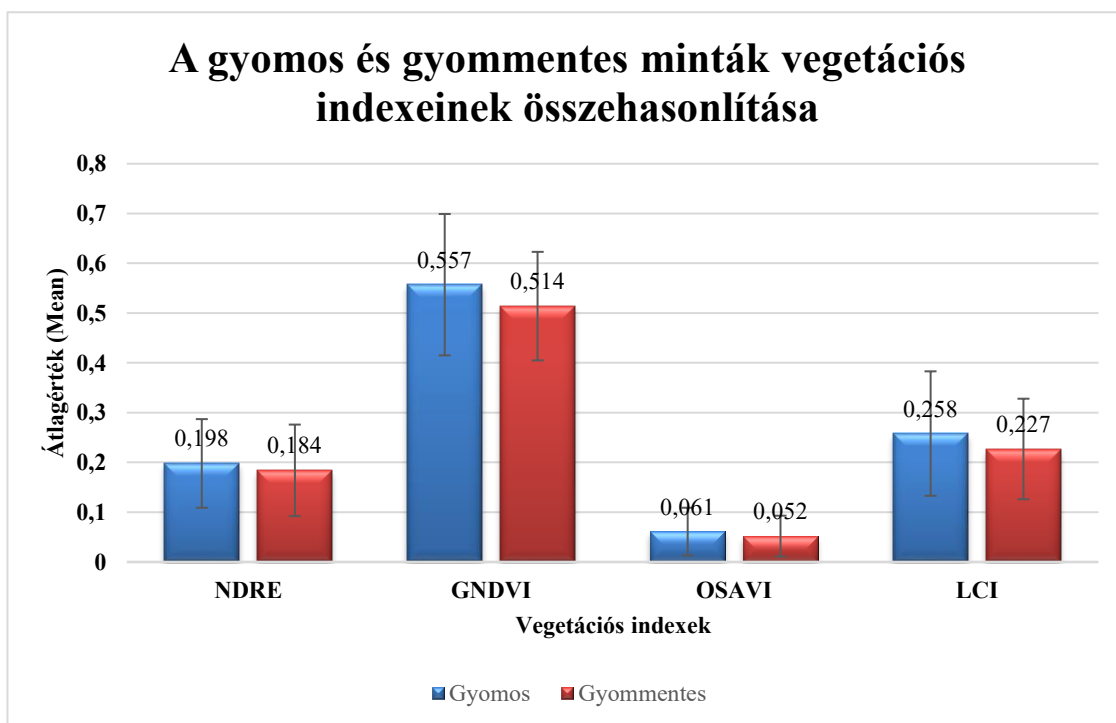
Index	Gyomos (Mean ± SD)	Gyommentes (Mean ± SD)	F	Szignifikancia
NDRE	0,198 ± 0,089	0,184 ± 0,092	3,981	p < 0,001
GNDVI	0,557 ± 0,142	0,514 ± 0,109	14,74	p < 0,001
OSAVI	0,061 ± 0,048	0,052 ± 0,041	3,323	p = 0,020
LCI	0,258 ± 0,125	0,227 ± 0,101	21,96	p < 0,001

A vizsgálat eredményei alapján minden vegetációs index esetében szignifikáns különbség mutatkozott a gyomos és gyommentes minták között (p < 0,05). Az átlagértékek azt mutatták, hogy a gyomos területeken jellemzően magasabb vegetációs aktivitás volt mérhető, mint a

gyommentes mintákban. Ez a különbség arra utal, hogy a gyomosodás a sűrűbb levélzet és a nagyobb klorofilltartalom miatt fokozza a növényzet visszavert közeli infravörös (NIR) tartománybeli reflektanciáját.

A GNDVI és LCI indexek esetében jelentkezett a legnagyobb eltérés a két mintacsoport között, ami azt jelzi, hogy ezek az indexek különösen érzékenyek a klorofilltartalom és a levélfelület változásaira. Az OSAVI index esetében kisebb eltérés mutatkozott, ami a talajreflektancia-korrektió miatt kevésbé érzékeny a zöld biomassza változásaira, ugyanakkor jól jellemzi a vegetációs fedettség általános trendjeit. A szórásértékek a gyomos minták esetében minden indexnél valamivel magasabbak voltak, ami a vegetáció heterogénebb szerkezetére és a gyomfoltok térbeli egyenetlenségére utal. Ez azt is jelzi, hogy a gyomos zónákban a növényállomány kondíciója kevésbé egységes, míg a gyommentes mintákban homogénebb képet mutat.

A (15. ábra) szemlélteti a gyomos és gyommentes minták vegetációs indexeinek átlagértékeit és egyéni szórásait.



15. ábra A gyomos és gyommentes minták vegetációs indexeinek összehasonlítása

Az ábrán jól látható, hogy minden vegetációs index esetében a gyomos minták értékei kissé magasabbak. A legnagyobb különbség a GNDVI és LCI indexeknél figyelhető meg, amelyek különösen érzékenyek a zöld levélfelület és klorofilltartalom változásaira. Ezek az

indexek tehát jól alkalmazhatók a gyomosodás detektálására és a növényállomány állapotának térbeli értékelésére.

Összességében az ANOVA eredményei megerősítik, hogy a vizsgált vegetációs indexek elsősorban a GNDVI és az LCI hatékonyan elkülönítik a gyomos és gyommentes területeket, és megbízható indikátorként használhatók a precíziós növényvédelem térképezési folyamatainak támogatásában.

4.5 Az indexek értékelése és megbízhatósága

A vegetációs indexek megbízhatóságának és érzékenységének vizsgálatát az egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) eredményei alapján végeztem el. A cél az volt, hogy feltárjam, a vizsgált négy vegetációs index (NDRE, GNDVI, OSAVI, LCI) mennyire alkalmas a gyomos és gyommentes minták elkülönítésére, valamint mennyiben tükrözik a gyomosodás által okozott spekt-rális és növényállapotbeli változásokat. Az ANOVA eredményei szerint mind a négy index esetében statisztikailag szignifikáns különbség mutatható ki a gyomos és gyommentes minták között ($p < 0,05$), ami megerősíti, hogy a gyomosodás mérhető hatással van a növényzet reflektanciaértékeire. A Partial Eta Squared hatásméret alapján az indexek érzékenysége eltérő mértékű, ami lehetővé teszi a megbízhatóság rangsorolását. Az eredményeket az 5. táblázat foglalja össze.

5. *táblázat* A vegetációs indexek varianciaanalízisének (ANOVA) eredményei a gyomos és gyommentes minták esetében.

(Forrás: saját szerkesztés, SPSS-output alapján)

Index	F	p (Sig.)	Partial Eta Squared	Értelmezés
NDRE	3,981	<0,001	0,037	Szignifikáns, közepes hatás
GNDVI	14,74	<0,001	0,124	Szignifikáns, erős hatás
OSAVI	3,223	0,020	0,031	Szignifikáns, gyenge hatás
LCI	21,958	<0,001	0,174	Szignifikáns, nagyon erős hatás

Az LCI (Leaf Chlorophyll Index) mutatta a legerősebb hatást (Partial Eta Squared = 0,174; $p < 0,001$), ami egyértelműen jelzi, hogy ez az index a legérzékenyebb a klorofilltartalom és a lombsűrűség változásaira. Az LCI kiemelten alkalmas a növényállomány fiziológiai állapotának és a gyomosodás mértékének értékelésére. A nagy hatásméret arra utal, hogy az index jól tükrözi a növények fotoszintetikus aktivitását, így a vegetációs stressz, tápanyaghiány vagy gyomnyomás pontos indikátora lehet.

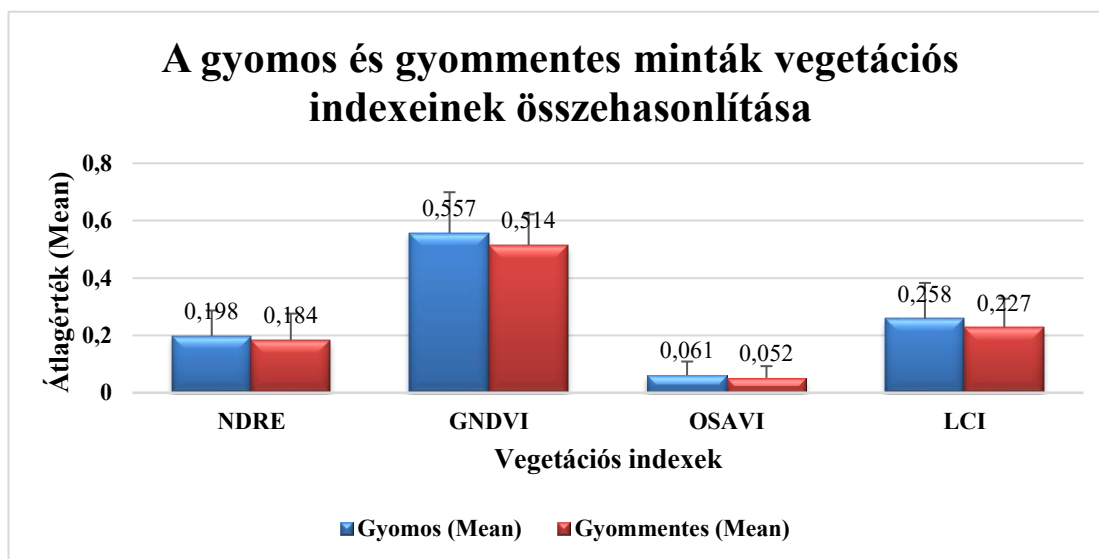
A GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) szintén magas megbízhatóságot mutatott (Partial Eta Squared = 0,124; $p < 0,001$). Mivel a GNDVI a zöld tartomány reflektanciáját használja, elsősorban a levélfelület és zöld biomassza mennyiségére reagál, ezért különösen alkalmas a vegetációs borítottság és a gyomos foltok detektálására. A gyomos mintákban mért kissé magasabb GNDVI-érték a növényzet sűrűbb levélborításával magyarázható, ami a gyomok gyors vegetatív növekedéséből adódik.

Az NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) esetében közepes mértékű, de szignifikáns eltérés mutatkozott ($p < 0,001$; Partial Eta Squared = 0,037). Ez az index a vörös és közeli infravörös sávok határán számítható, ezért különösen érzékeny a klorofill-koncentráció és a fotoszintetikus aktivitás változásaira. A gyomos minták alacsonyabb NDRE-értékei arra utalnak, hogy a vegetáció egészségi állapota heterogénebb, míg a gyommentes zónákban egyenletesebb klorofill-eloszlás jellemző.

Az OSAVI (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index) hatása gyengébb volt (Partial Eta Squared = 0,031; $p = 0,020$), de még így is szignifikáns eltérést mutatott a két mintacsoport között. Az OSAVI elsősorban a talajhatás korrekciójára szolgál, így természetesen kevésbé érzékeny a zöld biomassza sűrűségére, viszont stabilan jelzi a vegetáció általános állapotát, különösen akkor, ha a növényállomány nem teljesen záródott.

A (16. ábrán) a gyomos és gyommentes minták vegetációs indexeinek átlagértékei és szórásai láthatók. A grafikonon jól megfigyelhető, hogy a gyomos minták esetében a GNDVI és LCI értékei rendre magasabbak, míg az NDRE és OSAVI alacsonyabb értéket mutattak.

Ez összhangban áll azzal, hogy a gyomos területeken a növényzet sűrűbb, de klorofilltartalma és fiziológiai aktivitása heterogénebb.



16. ábra A gyomos és gyommentes minták vegetációs indexeinek összehasonlítása az ANOVA eredményei alapján. Forrás: sajátadatok

Az ANOVA eredményei tehát egyértelműen igazolják, hogy a gyomosodás statisztikailag kimutatható hatást gyakorol a vegetációs indexekre. A hatásméretetek nagysága alapján az indexek megbízhatósága az alábbi sorrendben határozható meg:

LCI > GNDVI > NDRE > OSAVI

Ez az eredmény összhangban áll a korábbi szakirodalmi megfigyelésekkel is (pl. Rondeaux et al., 1996; Haboudane et al., 2004), melyek szerint az LCI és GNDVI különösen jól használható a vegetációs stressz és a klorofilltartalom detektálására, míg az OSAVI elsősorban a talajhatások kompenzálására alkalmas.

A vizsgálat tehát alátámasztotta, hogy a GNDVI és LCI indexek kombinált alkalmazása növelheti a távérzékelés pontosságát, különösen heterogén növényállomány esetében. E kombináció révén pontosabb információ nyerhető a gyomosodás térbeli mintázatairól, ami közvetlenül támogatja a precíziós növényvédelmi döntéseket.

Összességében elmondható, hogy a vegetációs indexek különösen a GNDVI és az LCI megbízhatóan tükrözik a gyomosodás mértékét és a növényállomány általános kondícióját. Így alkalmazásuk javasolt a távérzékelésen alapuló vegetációállapot-értékelésben és precíziós gazdálkodási rendszerekben.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1 Következtetések

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy a drónos távérzékelés a vegetációs indexek alkalmazásával hatékony eszköz a növényállomány állapotának, különösen a gyomosodás mértékének felmérésére. A vizsgálataim során egyértelmű különbségek mutatkoztak a gyomos és gyommentes területek indexértékei között, ami alátámasztja, hogy a spektrális adatok alkalmasak a növényzet egészségi állapotának és borítottságának értékelésére. A GNDVI és az LCI mutatók bizonyultak a legérzékenyebbeknek. Az előbbi a levélfelület nagyságát és a zöld tömeg mennyiségét tükrözte, míg utóbbi a klorofilltartalom változásaira reagált kiemelkedő pontossággal. Az NDRE finom eltéréseket mutatott a növények tápanyagellátottságában és fotoszintetikus aktivitásában, míg az OSaVI stabil és kiegyensúlyozott értékeket adott heterogén, részben fedett felszíneken.

A statisztikai vizsgálatok (korreláció, ANOVA) egyértelműen igazolták, hogy a vegetációs indexek növényélettani és növényorvosi értelmezése indokolt. A gyomosodás következtében csökkenő klorofilltartalom, a lomb­sűrűség változása és a fotoszintézis visszaesése közvetlenül tükröződött az indexek értékeiben. Ez megerősíti, hogy a drónos távérzékelés nem csupán a növényzet térbeli eloszlásának leképezésére alkalmas, hanem diagnosztikai értékkel is bír, amely a növényvédelmi beavatkozások tervezését is megalapozhatja. A vizsgálatok azt is bizonyították, hogy a drónnal gyűjtött adatokból előállított térképi rétegek alkalmazhatók precíziós növényvédelmi döntéstámogató rendszerekben. Az indexadatok formátuma és megbízhatósága alkalmassá teszi őket zónás vagy dózis-alapú kijuttatási térképek készítésére, amelyek segítségével csökkenthető a növényvédőszer felhasználása, miközben javul a kezelések hatékonysága és pontossága.

A drónos felvételezés tehát nem helyettesíti, hanem kiegészíti a hagyományos gyomfelvételezési módszereket. A két technika kombinálásával a növényorvosi diagnosztika pontosabb, objektívebb és térben kiterjeszhetővé válik, ami a fenntartható növényvédelem egyik legfontosabb irányvonala lehet.

5.2 Javaslatok

A vizsgálati eredmények alapján javasolt a drónos távérzékelési módszerek rendszeres bevezetése a növényvédelmi monitoring gyakorlatába, különös tekintettel a gyomosodás térbeli mintázatainak korai felismerésére. A vegetációs indexek, elsősorban a GNDVI, NDRE és LCI, alkalmasak a növényállomány kondíciójának folyamatos nyomon követésére, így a stresszforrások azonosítására és a kezelési beavatkozások célzott megtervezésére.

A jövőben célszerű lenne a drónos felvételezéseket idősoros formában elvégezni, hogy a gyomosodás dinamikája és a növényvédelmi beavatkozások hatása folyamatként legyen értelmezhető. Emellett fontos feladat az indexek fajspecifikus validálása, vagyis annak vizsgálata, hogy az egyes kultúrnövények és gyomfajok milyen spektrális különbségeket mutatnak, ezáltal tovább növelve a módszer diagnosztikai pontosságát.

A drónos adatok integrálása a precíziós növényvédelmi rendszerekbe, mint például a Trimble, AgroSense vagy John Deere Operations Center, lehetőséget teremt a változó dóziszú kijuttatás bevezetésére. Ezzel a növényvédőszeres mennyisége és a környezeti terhelés is csökkenthető, miközben a gazdálkodás hatékonysága nő.

A növényorvosi gyakorlatban a drónos távérzékelés nem önálló módszer, hanem egy integrált diagnosztikai eszköz, amely kiegészíti a terepi megfigyeléseket és adatokat szolgáltat a döntéshozatalhoz. Az így kialakított, adatvezérelt növényvédelem egyaránt szolgálja a gazdasági, ökológiai és társadalmi fenntarthatóságot, és hozzájárul egy modern, digitális, klímatudatos agrárium kialakításához.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásom célja a drónos távérzékelés alkalmazhatóságának vizsgálata volt a gyomosodás és a növényállomány állapotának meghatározásában. Az elvégzett elemzések alapján megállapítható, hogy a drónnal gyűjtött multispektrális adatokból számított vegetációs indexek pontos, reprodukálható és objektív képet adnak a növényzet állapotáról. A GNDVI, NDRE, OSAVI és LCI indexek megbízhatóan különböztették meg a gyomos és gyommentes területeket, így alkalmasak a gyomflóra térbeli eloszlásának feltérképezésére és a növényállomány egészségi állapotának értékelésére. A vizsgálat eredményei megerősítették, hogy a vegetációs indexek növényélettani folyamatok kvantitatív leképezésére is alkalmasak, hiszen a gyomosodás hatására bekövetkező fiziológiai változások, mint a klorofilltartalom csökkenése vagy a lombsűrűség módosulása közvetlenül megjelennek az indexekben. Ez a felismerés új lehetőségeket nyit a növényorvosi diagnosztika és a precíziós növényvédelem számára.

A drónos vegetációs indexelemzés tudományos és gyakorlati szempontból is értékes. Egyrészt segíti a gyomosodás korai felismerését, másrészt alapot ad a célzott, zónás vagy dózis-alapú kijuttatási tervek kidolgozásához. A módszer gyors, költséghatékony és környezetkímélő alternatívát kínál, amely hozzájárul a növényvédőszerfelhasználás csökkentéséhez és a fenntartható gazdálkodás megvalósításához.

Összességében elmondható, hogy a drónos távérzékelés a növényorvosi döntéshozatal jövőjét képviseli. A vizsgálat eredményei bizonyítják, hogy a technológia nem csupán kiegészíti, hanem magasabb szintre is emeli a hagyományos növényvédelmi gyakorlatot, elősegítve ezzel a precíziós mezőgazdaság elterjedését és a környezettudatos agrárium kialakítását Magyarországon és nemzetközi szinten egyaránt.

7. IRODALMIJEGYZÉK

7.1 Tankönyvek és folyóiratok

Allmendinger, A., Peteinatos, G.G. & Gerhards, R. (2022). Precision chemical weed management strategies. *Agronomy*, 12(7), 1620.

Bazrafkan, A., Amini, J., Mohammadzadeh, A. & Hasanlou, M. (2025). Optimizing integration techniques for UAS and satellite imagery in precision agriculture. *Frontiers in Remote Sensing*, 6, 1622884.

Colomina, I. & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.

Dos Santos Ferreira, A., Freitas, D. M., da Silva, G. G., Pistori, H., & Folhes, M. T. (2017). Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 314–324.

Du, Y., Zhang, G., Tsang, D. & Jawed, M.K. (2021). Deep-CNN based robotic multi-class under-canopy weed control in precision farming. *arXiv preprint arXiv:2112.13986*.

Gao, J., French, A.N., Heitman, J.L., White, J.G. & Thorp, K.R. (2022). Remote sensing of vegetation for crop protection and management: A review. *Remote Sensing*, 14(3), 567.

Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1183899>

Goel, D. & Singh, A. (2024). Integrating UAVs and precision sprayers for crop health management. *Agricultural Systems*, 121(3), 456–468.

Goel, D., & Singh, A. (2024). Integrating UAVs and precision sprayers for crop health management. *Agricultural Systems*, 121(3), 456–468

Horsch, A. (2022). Advances in precision spraying systems for sustainable crop protection. *Precision Agriculture Research*, 45(4), 310–319.
<https://www.horsch.com/en/technologies/precision-spraying>

- Huete, A.R., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. & Ferreira, L.G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169916311358?via%3Dihub>
- Hunt, E. R., et al. (2005). Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. *Agronomy Journal*, 97(1), 103–112
- John Deere. (2023). John Deere R4000 Series: Precision Spraying. *John Deere Official* <https://www.deere.com/en/precision-agriculture/r4000-series-sprayers/>
- Lamb, D. W., Weedon, M. M., & Rew, L. J. (2021). Emerging technologies for precision weed management. *Weed Science*, 69(4), 486–498.
- Lemerle, D., Chauhan, B.S. & Gill, G.S. (2021). Managing crop competition and weed seedbanks in conservation agriculture. *Weed Science*, 69(3), 237–248.
- Liebisch, F., Kirchgessner, N., Schneider, D., Walter, A., & Hund, A. (2015). Remote, aerial phenotyping of maize traits with a low-cost multicopter. *Plant Methods*, 11(1), 1-10.
- Liu, H., Zhang, Y., & Xue, J. (2023). Performance of precision spraying technology in agricultural applications: A comprehensive review. *Journal of Agricultural Engineering*, 36(8), 352–368.
- Lukács, A., Tamás, J., Nagy, J., & Ladányi, M. (2017). A gyomok térbeli eloszlásának vizsgálata precíziós gazdálkodásban. *Növényvédelem*, 78(9), 453–460.
- Mahlein, A.-K. (2016). Plant disease detection by imaging sensors—parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100(2), 241–251. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE>
- Matese, A., & Di Gennaro, S. F. (2015). Technology in precision viticulture: A state of the art review. *International Journal of Wine Research*, 7, 69–81.
- Milioto, A., Lottes, P. & Stachniss, C. (2018). Real-time semantic segmentation of crop and weed for precision agriculture robots leveraging background knowledge in CNNs. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 140, 31–47. Powles, S.B. &

- Yu, Q. (2010). Evolution in action: Plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 317–347. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112119>
- Milioto, A., Lottes, P., & Stachniss, C. (2018). Real-time semantic segmentation of crop and weed for precision agriculture robots leveraging background knowledge in CNNs. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 140, 31–47. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271617300096?via%3Dihub>
- Radics, L. (2003). *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Radoglou-Grammatikis, P., Sarigiannidis, P., Lagkas, T. & Moscholios, I. (2020). A compilation of UAV applications for precision agriculture. *Computer Networks*, 172, 107148.
- Vijayakumar, V., Maheswari, M., Arun, V. & Prasanna Kumar, P. (2023). Smart spraying technologies for precision weed management: A review. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100166
- Rew, L. J., & Cousens, R. D. (2001). Spatial distribution of weeds in arable crops: Are current sampling and analytical methods appropriate? *Weed Research*, 41(1), 1–18.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309.
- Torney, C. J., et al. (2020). A system for automatic weed detection in precision agriculture using drones. *Remote Sensing in Agriculture*, 10(6), 2123.
- Tóth, Á., & Hunyadi, K. (2016). A kézi gyomfelvételezés és annak alkalmazása a gyomszabályozásban. *Agrofórum*, 27(3), 46–49.
- Ujvárosi, M. (1973). *Gyomirtás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Wang, C., Song, C., Xu, T. & Jiang, R. (2025). Precision weeding in agriculture: A comprehensive review of intelligent laser robots leveraging deep learning techniques. *Agriculture*, 15(11), 1213.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-012-9274-5>

Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712.

Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2022). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712

Zhang, H., Lu, Y., Liu, C., He, Y. & Chen, Z. (2024). Laser and optical radiation weed control: A critical review. *Precision Agriculture*, 25(3), 812–835.

7.2 http-s hivatkozások

http1: <https://agrotechdrone.hu/termek/dji-matrice-4e-monitoring-dron/>

http2: <https://agroforum.hu/szakcikkek/gepeszet/cema-a-digitalis-mezogazdasag-fejlodesenek-tortenete/> Agroforum Szerkesztősége, Dr. Jóri J István (2017) *CEMA: A Digitális Mezőgazdaság fejlődésének története*

http3: https://cdn.horsch.com/celum/12557_02.jpg

http4: <https://www.beckshybrids.com/resources/pfr-studies/2024-multi-location-soybean-sprayer-application-study-see-and-spraytm>

http5: <https://www.pix4d.com/product/pix4dfields>
<https://www.pix4d.com/product/pix4dfields> <https://www.pix4d.com/blog/research-best-practices-agriculture-pix4dfields>

http6: *Precíziós gazdálkodás gazdasági elemzése*. Agrárgazdasági Kutatóintézet. Elérhető: <https://www.aki.gov.hu>

http7: <https://agroforum.hu/agrarhirek/novenytermesztes/tobb-szaz-hektart-teszteltunk-a-dronokkal-megmutattuk-az-eredmenyeket/> Agroforum Szerkesztősége (2019): *Több száz hektárt teszteltünk a drónokkal – megmutattuk az eredményeket*. Agroforum.hu.

http8: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

8. KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném kifejezni hálámat és őszinte köszönetemet Dr. Zalai Mihály, egyetemi docensnek, aki a (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Integrált Növényvédelmi Tanszék, Gödöllő), aki belső konzulensként szakmai iránymutatásával, türelmével és támogatásával jelentősen hozzájárult a dolgozat szakmai színvonalához és megvalósításához.

Külön köszönet illeti Gyovai Szabolcsot, a Planta Drone Kft. ügyvezetőjét, aki a drónos felvételezések lebonyolításában és az adatok előfeldolgozásában nyújtott nélkülözhetetlen segítséget.

Hálásan köszönöm továbbá mindazoknak, akik közvetve vagy közvetlenül hozzájárultak a kutatás és a dolgozat sikeres megvalósításához. A munka során szerzett tapasztalatok mind szakmai, mind emberi oldalról maradandó értéket képviselnek számomra.

9. NYILATKOZATOK

9.1 Konzulensi nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Bozó Ákos (név) (hallgató Neptun azonosítója: GIFB8Z)
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 javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2025 év október hó 27.nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

9.2 Mi nyilatkozat

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Bozó Ákos
Neptun-kódja:	GIFB8Z
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Tudományos diákköri pályamunka
A munka címe:	Távérzékelés alapú helyspecifikus gyomszabályozás tervezése a Felsőzsolcai SI-TI kft. területén

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-	Az érintett fejezet /	A prompt-naplót

	eszköz neve, verziója, elérhetősége	ábra / táblázat pontos sorszáma	tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

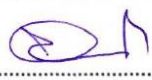
4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő, 2025. október hó .30. nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása

9.3 Hallgatói nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

diplomadolgozat/nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bozó Ákos

A Hallgató Neptun kódja: GIFB8Z

A dolgozat címe: Távérzékelés alapú helyspecifikus
gyomszabályozás tervezése a Felsőzsolcai SI-
TI Kft. területén

A megjelenés éve: 2025

A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, 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 szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. 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 könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Felsőzsolca, 2025. év október hó 26. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.