



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

TANÁCSADÁS ELEMZÉSE TÉRINFORMATIKAI ESZKÖZÖKKEL

**OE-AMK
2021**

Hallgató neve: Monoki Szabolcs Imre
Hallgató törzskönyvi száma: T000365/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Monoki Szabolcs Imre
Szakedolgozat száma: SZD20052810183170
Törzskönyvi száma: T000365/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök
Specializáció:

A dolgozat címe: Tanácsadás elemzése térinformatika eszközökkel

A dolgozat címe angolul: Consulting analysis by using GIS tools

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján foglalja össze a precíziós mezőgazdaság alapjait, különös tekintettel a GIS és a modern adatnyerési technológiákra!
2. Szaktanácsadás szerepe a precíziós gazdálkodás bevezetésében.
3. Szaktanácsadás elemzése a kiválasztott mintaterületre vonatkozóan.
4. Mutassa be az elemzésekhez felhasznált adatokat, módszereket.
5. Saját tapasztalatok alapján hasonlítsa össze a hagyományos és precíziós gazdálkodás eredményességét a mintaterületre vonatkozóan!
6. Értékelje a munka során alkalmazott technológia gazdasági hatásait!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Csornai Gábor

Munkahelye: Cosima Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2022. május 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 12. 13.



[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

[Signature: Verőné Wojtaszek M.]
belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2021. 12. 10.


hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS.....	7
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1	A fenntartható mezőgazdaság és mezőgazdasági technológia fejlődésének kapcsolata.....	9
2.2	A precíziós növénytermesztés jelentősége és fogalma.....	10
2.3	A precíziós növénytermesztés tudományos és technikai háttere, eszközszerrendszere.....	11
2.3.1	A korszerű műholdas helymeghatározás szerepe a precíziós növénytermesztésben.....	12
2.3.2	A műholdas távérzékelés alkalmazása a precíziós gazdálkodásban.....	14
2.3.3	A térinformatika és a távérzékelés szerepe a precíziós növénytermesztésben...	19
2.4	A helyspecifikus növénytermesztést támogató eszközök és módszerek.....	24
2.4.1	Hozamtérképezés.....	25
2.4.2	A változtatható mennyiségű tápanyag-utánpótlás eszközei.....	26
2.4.3	Helyspecifikus gyomszabályozás.....	28
2.4.4	A vetés precíziós megoldásai.....	30
2.5	A szaktanácsadás szerepe a mezőgazdaságban.....	31
2.5.1	A precíziós növénytermesztéshez kapcsolódó kereskedelmi célú szaktanácsadás sajátosságai.....	31
2.5.2	A precíziós gazdálkodás technológiájának elterjedését befolyásoló tényezők....	33
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	34
3.1	A mintaterület és a termesztett növény technológiájának bemutatása.....	34
3.1.1	A mintaterület bemutatása.....	35

3.2	A szaktanácsadás adatfelvételezés módszerei.....	41
3.3	Táblán belüli heterogenitás térképezése műholdas távérzékeléssel.....	42
3.3.1	A letöltött műhold felvételek alkalmazásának, értékelhetőségének szempontjai.....	42
3.3.2	A táblán belüli különböző terméspotenciájú területek (zónák) osztályozásának szempontjai.....	44
3.3.3	Heterogenitás térképezése az IDRISI térinformatikai szoftver használatával....	45
3.4	A mintaterülethez kapcsolódó talajvizsgálati módszer bemutatása.....	51
3.4.1	A talajmintavétel eszközei.....	52
3.4.2	A talajminta laboratóriumi vizsgálata.....	53
3.5	A hozamtérkép készítése.....	53
3.5.1	A hozamtérképezés módszere és értékelésének sajátosságai.....	54
3.5.2	A kapott hozamtérkép eredményeinek feldolgozása.....	56
3.6	A szaktanácsadás keretében kapott tápanyag-utánpótlási javaslat bemutatása...	58
3.6.1	A táblán belüli heterogenitás térképezésének módszere.....	58
3.6.2	A kijuttatási térkép kialakítása és bemutatása.....	59
4.	EREDMÉNYEK.....	61
4.1	A táblán belüli heterogenitást mutató térképek összehasonlító értékelése.....	63
4.2	Műholdas adatok feldolgozása alapján készített heterogenitást mutató és a hozam térkép összehasonlítása.....	63
4.3	A tápanyagkijuttatási javaslat elemzése.....	64
4.4	A differenciált tápanyagkijuttatás gazdasági hatásának bemutatása.....	66
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	69
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	71

	SUMMARY.....	72
7.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	73
8.	IRODALOMJEGYZÉK.....	74
9.	MELLÉKLETEK.....	79

I. BEVEZETÉS

A szántóföldi növénytermesztésnek Magyarországon évezredes történelmi múltja van. Területi adottságaiból fakadóan mindig az adott kor táplálkozási, takarmányozási igényeit kielégítő, a termelőeszközök technológiai színvonalának megfelelő szintű termelés folyt.

Ma „precíziósnak” nevezzük, míg a történelmi időkben „kézművesnek” hívták azt a szántóföldi termesztési technológiát, amely igyekezett a lehető legnagyobb mennyiségű és legjobb minőségű növényi terméket előállítani. Az adott növény igényeit legjobban kielégítő termőhely helyes megválasztásának, a megfelelő mennyiségű víz biztosításának, az elegendő mennyiségű tápanyagok utánpótlásának igénye a lehető legkisebb felmerülő költségek mellett arra ösztönözte a földművest, hogy akár egyedi növény szinten is odafigyeljen és beavatkozzon a rendelkezésre álló eszközeivel a termelés sikerességének érdekében. A kisparcellás paraszti gazdálkodásban a „jó gazda szeme”, ígás állatai és kézműves eszközei biztosították számára a megélhetést. A 20. század történelmi eseményei megváltoztatták ezt hagyományokon, tapasztalatokon alapuló ugaros földművelési rendszert és a termelés volumenét. A termelőszövetkezeti rendszert a hatalmas táblaméretek, nagymértékű gépesítettség, készletgazdálkodás, piacgazdasági sajátosságok és az üzemi méretben való gondolkodás jellemezte.

Amit a mai modern mezőgazdaság „precíziós növénytermesztésként” definiál az nem más, mint a rendelkezésre álló csúcstechnológia alkalmazásával viszonylag nagy területen alkalmazott, a termesztett növény és a termőhely egyedi igényeihez igazodó költséghatékony termesztéstechnológia.

Ami az idők során változott az a művelt terület nagysága, míg a „jó gazda szemét” a szenzoros adatgyűjtés és a térinformatika eszközei, az ígás állatok erejét és a kézműves szerszámokat a nagyteljesítményű „precíziós elven” működő erő- és munkagépek helyettesítik manapság.

A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés létjogosultságát ma már nem lehet megkérdőjelezni. Számos közlemény jelent meg a globális problémákat okozó demográfiai robbanásról, a Föld egészére értelmezett élelmezési problémákról, illetve környezeti problémák beláthatatlan következményeiről (HAJNAL K. – TÓTH J.,1998). Erre a kihívásra - miszerint egyre kisebb területen kell megtermelni egyre nagyobb

népesség élelmét – jelenthet megoldást a helyspecifikus (precíziós) növénytermesztés technológia intenzív gyakorlata.

A precíziós növénytermesztés technológiájának alapjait – annak helyspecifikusságából adódóan – a nagypontosságú globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System, GPS) kialakulása és fejlődése teremtette meg (STAFFORD, J.V. – AMBLER, B. 1994, AUERNHAMMER, H. et al., 1994). Napjainkban a helymeghatározás pontossága szubméteresre nőtt és a rendelkezésre álló adatgyűjtő és térinformatikai szoftverek lehetővé tették a kellő pontosságú beavatkozást is.

Miközben a precíziós növénytermesztéshez szükséges technológia kialakulása és fejlődése már több mint 30 éves múltra tekint vissza, a gazdálkodási gyakorlatban való elterjedése csak lassan valósul meg. A technológia terjedését leginkább gátló tényezők a szükséges eszközök beszerzésének magas tőkeszükséglete (vélt vagy valós), továbbá a modern mezőgazdasági technológiák alkalmazásához szükséges ismeret/tudás hiánya és az informatikai eszközök használatával szembeni ellenállás. A felmerült akadályok leküzdéséhez, a technológia sajátosságaiból adódó problémák megoldásához, a szükséges többlet ismeret/tudás elsajátításához a precíziós növénytermesztést támogató szaktanácsadói rendszerek jöttek létre, jobbra az eszközforgalmazó cégek szervezeti keretein belül. A szaktanácsadás alapját a távérzékelésből, hozammérésből, talajmintavételezésből származó adatok képzik, azonban a legfontosabb ezek értelmezése, átgondolása és a gazdálkodás számára hasznot hozó vagy költséget megtakarító információvá alakítása. A szaktanácsadás módszerének kialakítása nagy befolyással van a gazdálkodó precíziós növénytermesztési technológiai átállására, hiszen a gazdaság jövedelmezősége múlhat rajta.

Dolgozatomban a precíziós gazdálkodási szakmérnök képzés keretein belül elsajátított tudás alapján elemzem a gazdaságunkban már megvalósított szaktanácsadás adatfeldolgozási módszerét, összehasonlítom az általam használt módszerrel kapott eredményekkel és vizsgálom egy adott parcellán végzett differenciált tápanyagkijuttatás gazdaságosságát és hatását a termés mennyiségére.

II. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A fenntartható mezőgazdaság és mezőgazdasági technológia fejlődésének kapcsolata

A mezőgazdaság gépesíttetésének elterjedésével ugrásszerű mértékben megnőtt a mezőgazdaság termelési volumene. Ennek következtében már a század második felében elkezdtek megfogalmazódni a fenntartható mezőgazdaság elméleti kérdései. Senki nem tudta igazán megbecsülni meddig, mekkora mértékig növelhető a termelés mennyisége illetve a gyors növekedésnek milyen káros következményei lehetnek a jövő nemzedékei számára.

Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága nevéhez fűződő „Közös Jövők” címmel megjelent jelentésében található megfogalmazás szerint a fenntartható agrárfejlődés megőrzi a talaj, az élővizek, a növény- és állatvilág genetikai erőforrásait, megakadályozza az emberi környezet lerombolását, és technológiai szempontból megfelelő, gazdaságilag hatékony, társadalmi szempontból pedig elfogadható fejlődést eredményez (ENSZ, 1987). A fenntartható mezőgazdaság az erőforrásokkal való olyan tartós gazdálkodást igényel, amely a jövő fejlődéséhez is hagy a szükséges erőforrásokból (PEARCE és ATKINSON, 1995).

Az elmúlt években rengeteg kutatás, információ jelent meg a „fenntartható termelés”, „fenntartható mezőgazdaság” témában. Sajnos a valóság az, hogy a mezőgazdaság mellett az ipari termeléssel, közlekedéssel, kereskedelemmel kapcsolatos valamint a kommunális szennyezés súlyos méreteket ölt, amely nem egyeztethető össze a fenntarthatósággal (MARSELEK, 2006.).

Az iparszerű mezőgazdálkodás túlzó energia- és inputanyag-gazdálkodása súlyos terhet ró környezetünkre ezért a károk mérséklésére, kiküszöbölésére mindenképpen mérsékelnünk, okosabban szükséges használnunk ezeket az erőforrásokat (GEIGER, F., BENGTSSON, J., BERENDSE, F., et al., 2010.).

A felismerés, hogy az input anyagok (műtrágyák, növényvédőszer, egyéb alternatív kemikáliák) túlzott használata okozza a növénytermesztési technológiákban a legnagyobb környezetterhelést vezetett pl. az integrált növényvédelmi szemléletű, okosabban növényvédelmet alkalmazó technológiák elterjedéséhez Magyarországon. MONOKI

(2011) összehasonlító vizsgálatai alapján az integrált növényvédelmet megvalósító gazdaságok működése, gazdasági-, társadalmi-, környezeti fenntarthatósága jobb, mint a konvencionális technológiát alkalmazó gazdaságoké.

Természetesen a fenntarthatósági kritériumok nem korlátozódnak csupán az inputanyag felhasználásra. A cél olyan termelési rendszerek kialakítása, kombinálása, olyan tudatos gazdasági fejlesztések végrehajtása, amelyek harmonizálnak a természeti erőforrások regenerálódásával és számolnak a terhelt környezet asszimilációs készségével (BARÓTFI, 2000; ÁNGYÁN, 2001; LÁNG, 2003; CSETE, 2005.).

A precíziós növénytermelés, mint fenntartható mezőgazdaság megvalósításának egyik módszere, melynek középpontjában az az elgondolás áll, hogy a táblákat minél kisebb egységekre bontva határozzuk meg a kijuttatott inputok mennyiségét (RAUSZ, 2007; NÉMETH et.al, s.a.). A precíziós növénytermelés a térben változó, heterogén eloszlású, a termelést befolyásoló tényezők (talaj, kórokozók, kártevők, gyomnövények) helyspecifikus kezelését célozza meg. JOLÁNKAI és NÉMETH (2007) ezt a megfogalmazást kiegészíti azzal, hogy a precíziós növénytermelés lényegi eleme a termőhelyi viszonyokhoz való minél pontosabb termesztéstechnológiai alkalmazkodás.

2.2. A precíziós növénytermesztés jelentősége és fogalma

Sokak szerint a precíziós növénytermesztés a mezőgazdaság jövője, ahol a műszaki-elektronikai technológia fejlődésének köszönhetően a termőföld minden egyes négyzetméterét szenzorok térképezik fel és különböző berendezésekkel emberi ellenőrzés mellett vagy autonóm módon az adott termőhely igényeinek megfelelően kezelnek. Ahogy a dolgozat bevezetőjében is már utaltam rá az egyes területek, növények egyedileg alkalmazott kezelése nem újkeletű csupán az eszközök változtak. A gépesítettség megjelenésével nagymértékben nőtt területteljesítmény és a gazdaságosság, mely háttérbe szorította a területek heterogenitásának figyelembevételét illetve a szakemberek ismerték a problémát, de igazán hatékony módszert annak figyelembevételére nem tudtak kidolgozni.

Erre a problémára jelentett forradalmi megoldást a GPS technológia fejlődése, melynek a növénytermesztésre gyakorolt technológiai befolyásáról 1992-ben rendezték az első konferenciát az USA-ban (BAKACSI et al., 1997 in PECZE, 2001).

A szakirodalomban számos elnevezése ismert a precíziós növénytermelésnek, pl.: „computer aided farming”; „precision farming”; „site specific crop management”.

Az angol nyelvű megfogalmazás szerint a „site specific crop management”(termőhely-specifikus növénytermelés) olyan információ és technológiai alapú mezőgazdasági termelési rendszer, amelynek célja meghatározni, elemezni és „kezelní” a mezőgazdasági parcellán belül előforduló a talaj, tér és időbeli változékonyságát, az optimális jövedelmezőségért, a termelés fenntarthatóságáért, valamint a környezet megóvásáért” (MOORE et al., 1993). A hazánkban a precíziós növénytermelés fogalma a leginkább ismert.

A precíziós technológiai kutatások messze túlmutatnak a mezőgazdasági tevékenység fejlesztésén. Előre jelzik azt a tudományos folyamatot, amely a mesterséges (műszaki, informatikai) és a természetes (biológiai, ökológiai stb.) informatikai rendszerek összekapcsolását célozza (NEMÉNYI et al., 2001).

Az új technológia gazdasági megtérülése viszont kérdéseket vet fel, hiszen egy ilyen nagymértékű műszaki fejlesztés, a kezdeti megismerési szakaszban nagyobb pénzügyi befektetéssel jár és egy adott gazdaságnak csak akkor térül meg, ha kapacitásait magas határfokkal képes kihasználni, illetve képes megfelelő méretekben végezni tevékenységeit (TAKÁCSNÉ, 2006).

A precíziós növénytermelés kétségtávoli előnye, hogy a korábbinál sokkal több és részletesebb információt szolgáltat a művelt területekről, és a táblaméretnél lényegesen kisebb kezelési egységek (zónák) jelentik a gazdálkodás alapegységeit, így a területen belüli változékonyság kezelhetővé válik (PECZE et al., 2001).

2.3 A precíziós növénytermesztés tudományos és technikai háttere, eszközszerrendszere

A műholdas helymeghatározás a precíziós növénytermelés megvalósításának fő eszköze, hiszen nem csak a munkavégző eszköz pontos helyének meghatározására szolgál, hanem a gazdálkodó által definiált mozgás vezérlése is e rendszer használatával valósul meg. A földkörüli pályán keringő műholdak másik fontos funkciója, hogy folyamatosan megfigyelik a földfelszínt, arról a térinformatika számára feldolgozható és a gazdálkodó által a döntéshozatalt segítő rendkívül részletes információkat szolgáltatnak.

2.3.1 A korszerű műholdas helymeghatározás szerepe a precíziós növénytermesztésben

A precíziós növénytermelésnek csupán első lépését jelenti a pozíció meghatározása. A technológia mégis az egész rendszer alapja, amely magába foglalja a különböző érzékelőkkel (szenzorokkal) gyűjtött adatok naplózását is. A pontos helymeghatározás alapján minimálisra csökkenthető a feleslegesen megtett út és a gépek által okozott taposás, valamint jelentős költségmegtakarítás érhető el a feleslegesen fel nem használt input anyagokkal, optimalizálható a területenként eltérő tápanyagkijuttatás és növényvédelem, amely miatt nőhet a termésátlag, illetve jobb minőség érhető el (MANIAK, S., 2003; MESTERHÁZI P.Á., 2004).

A műholdas helymeghatározó és navigációs rendszerek, azaz a GNSS (Global Navigation Satellite Systems) napjainkig kizárólag katonai ellenőrzés alatt állnak, amelyek szolgáltatásait kiterjesztették a polgári felhasználókra is. Az amerikai NAVSTAR GPS, illetve az orosz GLONASSZ műholdak sugároznak jeleket a polgári felhasználók felé is. Az Európai Unió által kiépített Galileo rendszer már polgári szervezetek által felügyelt rendszer.

Mindhárom rendszer esetében három alrendszert különböztetünk meg:

1. műholdak (űrszegmens),
2. földi követőállomások,
3. felhasználók (vevőberendezések).

1. táblázat: A GNSS rendszer műholdas alrendszereinek legfontosabb jellemzői
(Forrás: MILICS G. – TAMÁS J., 2007)

	NAVSTAR GPS	GLONASSZ	GALILEO
Aktív/tervezett műholdak száma	29/24	15/24	18/30
Műholdpályák száma	6	3	3
Keringési idő	11 h 58 m	11 h 15 m	14 h
Pályamagasság	20 182 km	19 100 km	23222 km
Pályahajlás	55 °	64,8 °	56 °

A műholdas helymeghatározás méréseinek végrehajtásához többféle eljárást is alkalmaznak. A műholdakról érkező kódolt rádiófrekvenciás jeleket a vevőknek meg kell

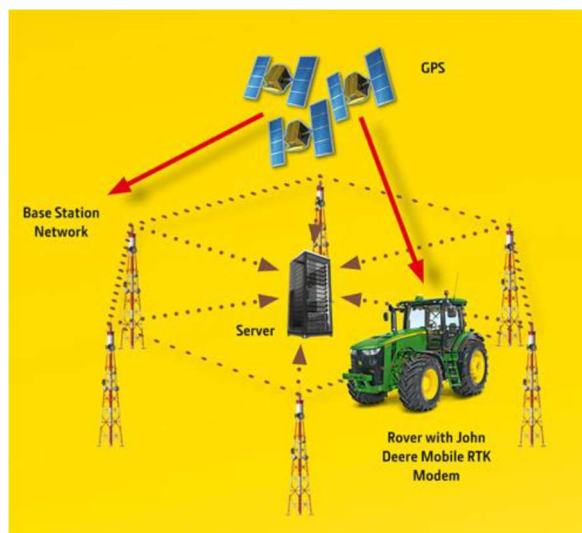
fejteniük. Ennek megoldására két módszer is lehetséges: a kódmérés és a fázismérés. A kódmérés a műhold által kibocsátott kód és a vevő által előállított referenciajel kódelemeinek összehasonlításán alapszik, melynek eredménye a kódtávolság méterben kifejezve. A fázismérés a műhold által kibocsátott vivőjel és a vevő által előállított referenciajel fázisának összehasonlításán alapszik. A fázismérés eredménye egy olyan számérték, amelynek egész része az egész periódusok számát jelenti, tört része pedig a fáziskülönbséget, ciklusegységben kifejezve.

Az egyetlen vevővel végzett, csak a vevő nyers kódmérési eredményeit felhasználó helymeghatározást nevezzük abszolútnak, mely a geodéziai pontossági igényeket nem elégíti ki. A relatív helymeghatározás során vagy a vevők közötti térbeli vektorok összetevőinek meghatározása a cél vagy az ismert helyzetű ponton mérő vevők mért adataiból számított korrekciók figyelembevétele az új pontok mérési eredményeinek feldolgozásakor.

Differenciális GPS (DGPS) technikán tehát olyan valós idejű, relatív GPS módszert értünk, amikor (elsősorban) kódmérést dolgozunk fel és nem magunk biztosítjuk az ismert ponton mérő vevő üzemeltetését, hanem a referenciaállomás mérési adatait szolgáltatásként megvesszük. Amennyiben geodéziai pontossággal kell dolgoznunk a mérések végrehajtásának és dokumentálásának szabályait be kell tartani (BORZA T. – BUSICS GY., 2005).

A méréssel gyakorlatilag azonos időben történő számítás feltétele volt a referencia állomás adatainak azonnali továbbítása, vagyis az adatkommunikáció megoldása, ami először a DGPS technikánál valósult meg. A geodéziai célú, fázismérésen alapuló, valós idejű relatív helymeghatározás az RTK (real-time kinematic) technológia szoftveres és kommunikációs megvalósításával jött létre (1.ábra). Ma a precíziós növénytermelés feladatainak java része ezt a pontosságot igényli.

Néhány mezőgazdasági feladat végrehajtásához elegendő az 1-10 m-es pontosságot adó és egyben ingyenesen elérhető európai EGNOS vagy az amerikai WAAS jelkorrekció, ami 3-5 méteres pontosságot biztosít.



1. ábra: RTK rendszer működése (Forrás: Digitális Agrár Stratégia, 2016.)

A legtöbb precíziós technológia azonban már megköveteli a szubméteres pontosságot (0,1-1 m), a mezőgazdasági gyakorlatban ez a pontosság is elegendő lehet a permetezés, talajművelés, betakarítás, műtrágyázás stb. elvégzéséhez.

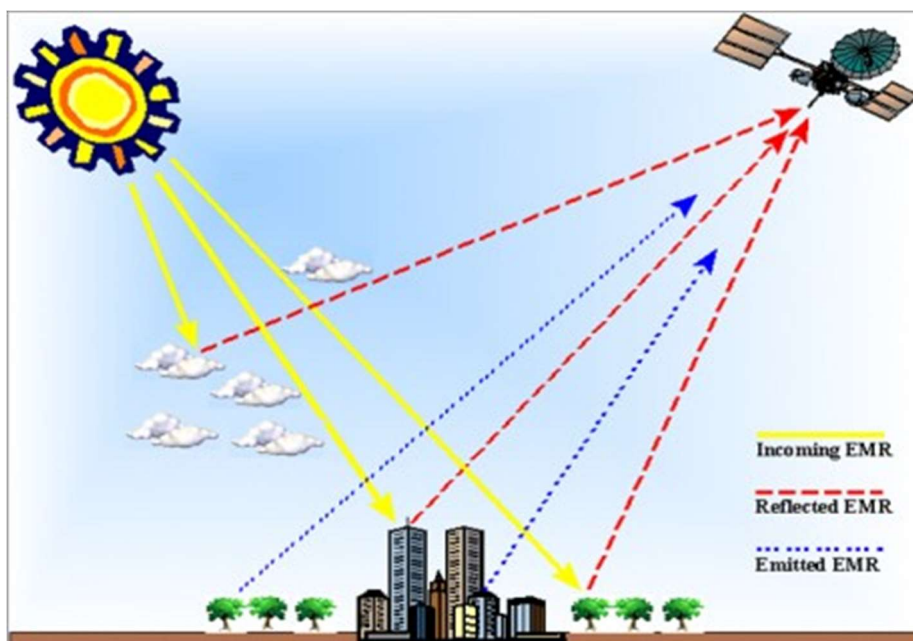
A geodéziai pontosságú 0,01-0,1 m-es alkalmazás, jellemzően a ± 1 inch (azaz 2,54 cm) pontosság ma már alapvető elsősorban a differenciált töszámú vetés technikájának alkalmazásakor. Az ennél jobb felbontás elérése nemcsak műszaki kérdés, annak komoly pénzügyi vonzata is van, melynek alkalmazása jelenleg a szántóföldi művelésben nem indokolt.

2.3.2 A műholdas távérzékelés alkalmazása a precíziós gazdálkodásban

A Föld felszínéről szerezhető információk alkalmazhatósága a műholdas távérzékelés polgári felhasználók számára történő felhasználásának kezdete óta foglalkoztatta a kutatókat.

A digitális képkezelést lehetővé tevő számítógépek és programok megjelenésével a digitális képfeldolgozás témaköre is egyre fokozódó jelentőségűvé vált (MUCSI L., 1995).

A távérzékelés egy sajátos adatnyerési eljárás, amelynek során a földfelszín vagy a földfelszíni objektumok bizonyos sajátosságairól anélkül jutunk adatokhoz, hogy a tárggyal közvetlen kapcsolatba kerülnénk. Az adatnyerés általában az elektromágneses energia közvetítésével történik.



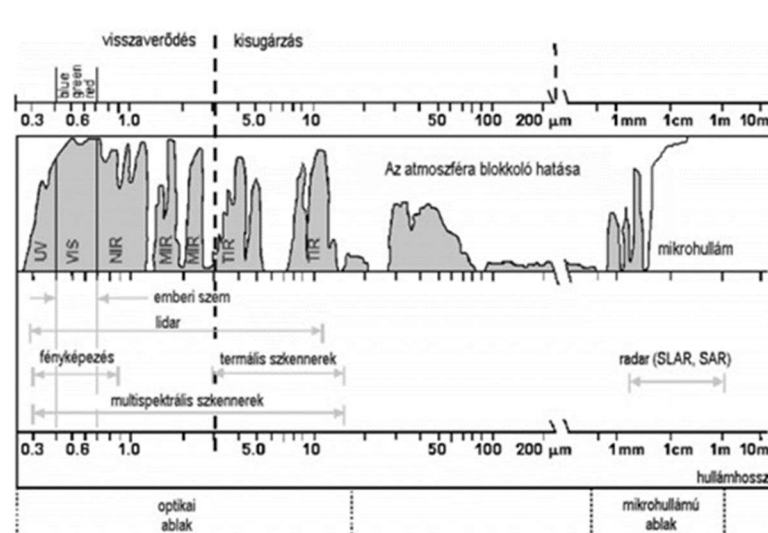
1. ábra: A távérzékelés elvi folyamata

(Forrás: http://www5.egi.utah.edu/GIS__CVEEN/Remote_Sensing/EMR.jpg)

Távérzékelésre a teljes elektromágneses spektrumtartománynak csak egy részét használjuk. Az érzékelő rendszerek leggyakrabban a látható fény egy vagy több sávjával, az infravörös sávokkal vagy mikrohullámokkal dolgoznak. A távérzékelésre leggyakrabban használt spektrális tartományok a következők (RAVI P. GUPTA, 1991.):

- A látható fény tartománya (VIS) ($\lambda=0,4-0,7\mu\text{m}$): az emberi szem által érzékelhető elektromágneses sugárzás, a kéktől, a zöldön át a vörös színig terjed.
- Az infravörös tartomány a távérzékelés szempontjából három részre bontható:
 - A közeli infravörösben (NIR) ($\lambda=0,7-1,3\mu\text{m}$) a látható fényhez hasonlóan a felszín által visszavert napsugárzás közvetíti az információt.
 - A közép infravörös (MIR) ($\lambda=1,3-3,0\mu\text{m}$) tartományban is a visszavert napsugárzás tulajdonságaiból szerezzük a szükséges információkat, bár a kibocsátott energia a távoli infravörös rövidebb hullámhosszú részében is észlelhető.
 - A távoli (terminális) infravörös tartományban (TIR) ($\lambda=3-15\mu\text{m}$) jelentőssé válik a felszín által kibocsátott sugárzás, mellyel a felszín termális tulajdonságaira következtethetünk.

- Külön kategóriának tekinthető a mikrohullámú tartomány ($\lambda=1\text{mm}-1\text{m}$). A légkörnek elenyésző hatása van ebben a tartományban, így az időjárás és a napszak hatásaitól függetleníthető a vizsgálatunk.



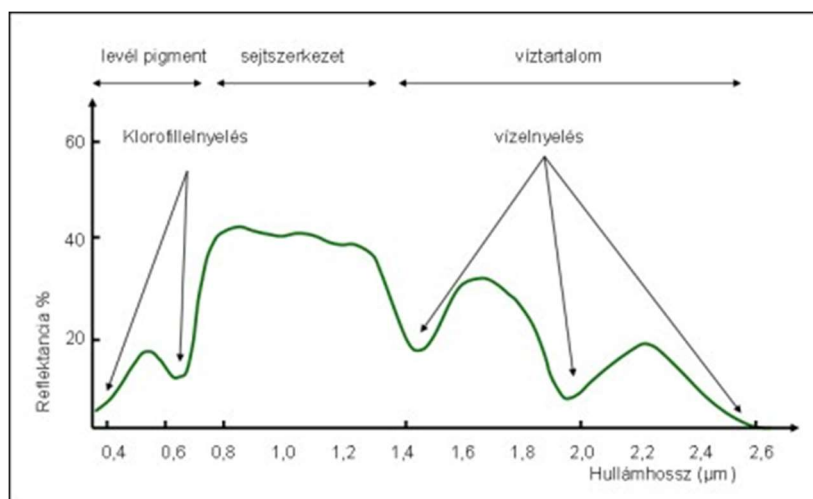
3. ábra: Az elektromágneses spektrum és az érzékelési tartományok
(Forrás: Buiten, 1993)

A távérzékelés legnagyobb előnye az, hogy a különböző tulajdonságú spektrális tartományokban gyűjtött adatok segítségével lehetővé válik rövid idő alatt nagy területről a felszíni vegetáció vizsgálata, melynek következtében a távérzékelés egyik kiemelkedő területe a vegetáció vizsgálata lett (VERŐNÉ WOJTASZEK M. 2011.)

A Landsat erőforrás kutató műholdak voltak az elsők, amelyek polgári felhasználók részére készítettek felvételeket a Föld felszínéről. A program 1972-ben indult (SCHOWENGERDT, R.A., 1997). A program indulása után néhány évvel kezdték a kutatók használni azokat az indexeket, amelyek segítettek megfigyelni bizonyos felszíni tulajdonságokat. Már az első publikációk írtak a vegetációs indexekről (ROUSE, J.W. et al., 1973; ROUSE, J.W. et al., 1974; DEERING, D.W. et al., 1975), mint például a Normalizált Differenciál Vegetációs Index (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI).

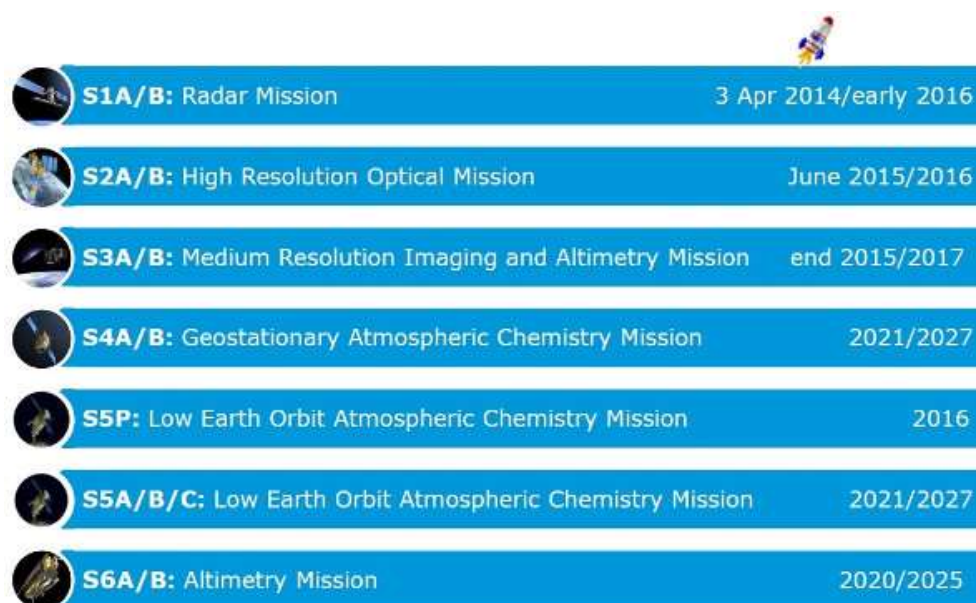
A vegetációs indexek megértéséhez tudni kell azt, hogy mi az alapja az indexek létrehozásának. CAMPBELL, J.B. (2002) a távérzékelésről írt összefoglaló művében a következőképpen írja le a növények távérzékelés szempontjából fontos tulajdonságát: a növények levelei a beeső napsugárzás körülbelül 40%-át elnyelik. A levelekben található fotoszintetikus festékanyagok a látható fény tartományban a napsugarak jó részét

visszaverik. Mivel a klorofill-a elnyelési maximuma a 440 nm (kék tartomány) és a 670 nm (vörös tartomány), a levelek az 515 nm körüli (zöld tartomány) elektromágneses sugarakat verik vissza. A közeli infravörös tartomány visszaverődése ugyanakkor a levelekben található ligninnek és cellulóznak (amelyek a mezofillumban /asszimiláló alapszövet/ található) köszönheti. A növények intenzív növekedési szakaszában a klorofill növekvő elnyelése miatt a vörös sávban az elnyelés csökken. Mivel egyre több mezofillum sejt fejlődik ki a közeli infravörös tartományban, az elnyelés növekszik. A nagyobb mértékű elnyelődés következtében a vegetációs indexek a vörös és a közeli infravörös tartományok felhasználásával jönnek létre (ASHNER, G. P. 1998).



4. ábra: Az egészséges növényzet reflektanciáját meghatározó tényezők a 0,4 - 2,6 μm hullámhossz tartományban (Forrás: Ravi P. Gupta, 1991)

Dolgozatomban a távérzékelte adatok forrása a Copernicus program az Európai Űrügynökség (ESA) és az Európai Unió közös földmegfigyelési programjának keretében működő Sentinel-2 szériájú műholdak által készített látható fény és infravörös tartományban készített képei (ennek a részletes leírása a 2.3.3 fejezetben található). A programnak nagyon fontos részét képezik a Sentinel műholdak, melyek adatait GNU GPL license alatt szabadon hozzáférhetővé tették. A terveknek megfelelően eddig a Sentinel-1A (2014. április), a Sentinel-1B (2016. április), Sentinel-2A (2015. június), a Sentinel-2B (2017.március), a Sentinel-3A (2016. február) és a Sentinel-3B (2018. április) műholdak kerültek felbocsátásra.



5. ábra: A Copernicus program műholdjai és küldetésük
(Forrás: http://www.urvilag.hu/gmes/20150325_copernicus_menetrend)

A Sentinel-1 műholdak radaros távérzékelést végeznek, így napszaktól és időjárástól függetlenül is képesek a felszín leképezésére. A két műhold pályájának geometriája azonos, csak épp mindig egymással „szemben”, a Föld átellenes oldalai fölött repülve figyelik a felszínt. A páros működés teszi lehetővé a hat napos visszatérési időt.

A Sentinel-2 műholdak nagyfelbontású a látható és infravörös fénytartományban összesen 13 különböző hullámhosszon készítenek felvételeket bolygónk felszínéről 10, 20, és 60 m felszíni felbontással, 290 km széles sávokban, legfeljebb 10 napos visszatérési idővel, mely két azonos pályán mozgó műhold esetében 5 napra csökkent.

A Sentinel-3 műholdak adatait elsősorban a tengerek, óceánok megfigyelésére, időjárás-előrejelző számításokhoz használhatók, de a tengerszint változását követik és a tengerfelszín topográfiáját is mérik vele. A Sentinel-3 műholdak műszerezettségébe mind mennyiségében, mind technológiai fejlettségében felülmúlja az -1 és -2 holdakét. Fedélzetükön egy közepes felbontású, 21 hullámhosszon érzékeny optikai kamera, egy a felszínhőmérséklet mérésére alkalmas infravörös sugárzásmérő, egy mikrohullámú sugárzásmérő, és egy az apertúraszintézis elvén működő radaros magasságmérő (altiméter) található. (ESA, 2019.)

Az egyedi igények kielégítésére illetve az előzőekben ismertetett műholdspecifikációk kiegészítésére kereskedelmi alapon működő műholdas rendszerek is rendelkezésre állnak a földfelszín tanulmányozására. Közös jellemzőjük, hogy programozhatóak, így

megrendelésre is készítenek felvételeket, gyors visszatérési idővel működnek és akár méter alatti méretű pixelek készítésére is alkalmasak. Alkalmazásának lehetőségei: nagy pontosságú térképezés, sztereo képpárok alapján domborzatmodell készítés, felszínborítás-változás vizsgálata, mezőgazdasági, erdészeti alkalmazások, területi tervezés, bányászat, erőforráskutatás, katasztrófák esetén gyorskárfelemelés és kezelési lehetőségek.

2. táblázat: Kereskedelmi műholdak jellemzői

(Forrás: <https://prezi.com/nvdsnm2bfwxx/foldmegfigyeles-a-vilagurbol/>)

műhold	fellövés időpont	pankrom. felbontás (m)	multispekt. felbontás (m)	sávok	visszat. idő	keringési magasság
IKONOS	1999.	0,82	3,2	RGB, NIR	3nap	681km
ALOS	2006.	2,5	10	RGB, NIR	46nap	692km
Cartosat-1	2005.	2,5		csak pankromatikus	5nap	618km
GeoEye-1	2008.	0,41	1,65	RGB, NIR	3nap	681km
QuickBird 1	2001.	0,65	2,62	RGB, NIR	2,5nap	482km
WorldView-1	2007.	0,5	–	csak pankromatikus	1,7nap	469km
WorldView-2	2009.	0,46	1,84	yellow, RGB, castal-blue, NIR, red-edge,	1,1nap	770km
EROS A	2000.	1,8		csak pankromatikus	2-12nap	500km
EROS B	2006.	0,7		csak pankromatikus	2-12nap	500km
CBERS-2	2007.	2,5	20-260	RGB, NIR	26nap	778km
FORMOSAT-2	2004.	2	8	RGB, NIR	1nap	888km
Theos-1	2008.	2	15	RGB, NIR	26nap	822km
RapidEye	2008.		5	RGB, NIR, red-edge	1-5,5m	630km

2.3.3 A térinformatika és a távérzékelés szerepe a precíziós a növénytermesztésben

A 20.század második felében végbemenő műszaki és számítástechnikai fejlődés lehetővé tette az egyre növekvő mennyiségű térhez kötött adat számítástechnikai eszközökkel történő tárolását, feldolgozását. A térképészeti elemzés ilyen irányú

változását a technikai fejlődés, a térbeli folyamatok modellezhetősége és a térbeli, informatikai tudás gyarapodása egyaránt elősegítette. A térinformatika (Geographical Information System, GIS), vagy Földrajzi Információs Rendszer (FIR) megkerülhetetlen eszköze lett a térbeli adatok elemzéséhez. BLACKMORE, B.S. (1994) a Földrajzi Információs Rendszert úgy definiálja egy korai munkájában, hogy az nem más, mint egy szoftveres alkalmazás, amelyet arra fejlesztettek ki, hogy a térbeli adatokat kezelni tudja. A GIS, mint kifejezés először Kanadában jelent meg, hiszen a hatalmas parcellákról szerzett adatok elemzésére, a földhasználat optimalizálására nagy igény mutatkozott a jobb gazdasági eredmény elérésének érdekében.

A magyar szaknyelv leginkább a térinformatika kifejezést használja, mely fogalma szabatosabb megfogalmazásban: „A térinformatika a Föld felszínén és annak közelében elhelyezkedő objektumok és földrajzi jelenségek, valamint folyamatok hely- és állapot rögzítésére, változásaik és hatásaik időben és térben való nyomon követésére, továbbá a különböző formában és tartalommal rendelkezésre álló attribútum és kiegészítő adatok befogadására, tárolására, kezelésére, megjelenítésére egyaránt alkalmas eljárás és eszköz. A térinformatikai rendszer olyan információkat, új adatokat és ezek közötti kapcsolatokat, összefüggéseket is képes generálni és felszínre hozni, amelyek az alapadatokból közvetlenül nem voltak kiolvashatók, nem voltak nyilvánvalók.” (REMETEY G. et al. 1993.)

A térinformatika súlyát napjainkban is olyan fontosnak értékelik, mint azt a felhasználók a korai időszakban tették (TÓZSA I. 2001; BERKE J. et al., 1996). A térinformatikáról átfogó munkát először 1995-ben DETREKŐI Á. – SZABÓ GY. (2000) jelentetett meg, amely az egyik legjobb magyar nyelvű összefoglaló mű a térinformatikai alapok elsajátításához.

A precíziós gazdálkodás és a térinformatika kapcsolatát több hazai precíziós gazdálkodással foglalkozó műhely (NYME-MÉK Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár, Debreceni Egyetem, MTA-TAKI, Budapest stb.) is elemezte (NEMÉNYI M. et al., 2003; TAMÁS J., 2001; SZABÓ J. et al., 2007.).

A távérzékelés a térinformatika egyik alapvető integrált információszerzési módszere, amely az adatok (légi- és űrfelvételek) gyűjtésével, azok feldolgozásával és elemzésével foglalkozik. A távérzékelés nagy területekről egyöntetűen és folytonosan biztosít adatokat, olcsó és objektív.

A távérzékeléssel gyűjtött adatok eredményeit a térinformatikában többféleképpen hasznosíthatjuk. Az egyik módszernél a távérzékelési és más forrásból származó adatok (tematikus térképek) együttes feldolgozásával készül el az újabb térkép, mely a hozzátartozó adatokkal a rendszer adatbázisába kerül. Más esetben a távérzékelési adatokból szerkesztünk tematikus térképeket, amelyeket a későbbiekben az igényeknek megfelelően más térképekkel együtt hasznosíthatunk új információ nyerésének céljából. (VERŐNÉ WOJTASZEK M. 2011.)

A helyhez kötött adatok tárolása alapvetően vektor és raszter adatformában lehetséges. A vektoros adatbázisban pontok, vonalak és sokszögek koordinátái és a helyileg így meghatározott alakzatokhoz tartozó számszerű, táblázatos vagy szöveges adatok vannak hozzárendelve és tárolva. A vektoros állomány esetén egy tematikus kategória meghatározása – a térképeknél megszokott módon – határvonallal történik.

A raszteres adatforma ugyanezt a kategóriát (területet) úgy ábrázolja, hogy egy szabályos cellarendszer területhez tartozó celláit azonos kóddal tölti ki. A raszteres adatforma egyre nagyobb szerepet kap az adatok tárolásában és elemzésében. Ez egyrészt a számítógépekhez is csatlakoztatható szkennerek, mint adatbeviteli eszközök elterjedésének és könnyű kezelésének, másrészt a távérzékelés, mint (raszteres) adatforrás egyre terjedő alkalmazásának a következménye. Emellett tematikus elemzéseknel, felszínhez kapcsolódó adatoknál a raszteres forma jobban használhatónak bizonyult. Az adatok feldolgozására olyan szoftverek alkalmasak, amelyek a helyet és a helyhez kapcsolódó adatokat egyidejűleg képesek kezelni. (VERŐNÉ WOJTASZEK M. 2011.)

A szenzorok által érzékelt adatokat a műholdak a földi vevőállomásokra továbbítják. Az eredeti adatokat számos radiometriai és geometriai hiba terheli, így azok csak előzetes korrekció és javítás után használhatók fel. Az űrfelvételeket a földi vevőállomásokon korrigálják a felvevőrendszer adatai alapján. Ez az ún. rendszer-korrekció mind radiometriai, mind geometriai javításokra vonatkozik.

A radiometriai korrekció célja: a kép különböző jellegű véletlen és szisztematikus hibáinak eltávolítása, másképpen a kép helyreállítása.

A geometriai korrekció a rendszer működéséből eredő geometriai torzítások kiküszöbölésére törekszik. (CSORNAI G., DALIA O., 1991.)

A felvételek feldolgozása két munkafázisra bontható: előfeldolgozásra és a kép osztályozására.

Az előfeldolgozás célja a felvételek gyakorlati felhasználásra alkalmassá tétele. A képek előfeldolgozása során a radiometriai hibák csökkentése és a vizuális interpretációt segítő eljárások végrehajtását követően elvégezzük a kép térképi rendszerbe illesztését és felesleges adatok eltávolítását valamint a későbbi kiértékelést segítő hányados térképek előállítását.

Az osztályozás során az előfeldolgozott kép minden egyes pixelét egy számunkra fontos információt hordozó kategóriába soroljuk. Ez egy olyan összetett folyamat, mely során meghatározzuk az osztályozás pontossági elvárásait, tanulóterületeket jelölünk ki, melyekről adatokat gyűjtünk, végül az osztályozás után tematikus térképeket készítünk. A műholdak által a földfelszínről készített digitális képek olyan elemi pixelekből állnak, amelyek egy háromdimenziós adathalmazzal jól leírhatók. Egy-egy szám az adott pixel sor és oszlopszáma, a harmadik szám az adott pixel intenzitását írja le. A képi megjelenítés során az alapinformációt a multispektrális felvétel egyes sávjaiból készített színek kompozitok adják, melyek lehetnek színhelyesek és hamisszínesek. A vegetáció vizsgálatánál leginkább alkalmazott hamisszínes színek kompozit előállítása során a vegetáció vörös színnel jelenik meg. Az egyes sávokhoz vagy sávegyütesekhez elemi intenzitás statisztikák számíthatók, melyek felhasználhatók a különböző előfeldolgozási műveletekhez.

A multispektrális felvétel áttekinthetőségét tudjuk fokozni a különböző intenzitás műveletek használatával. A pixelek sugárzás intenzitás értékeinek hisztogramos elemzése során ha arra a megállapításra jutunk, hogy a tartomány csak egy kis sávonként változó részén sűrűsödnek az értékek, akkor szükséges a hisztogram széthúzása, vizuálisan a képen megjelenő színek kontrasztfokozása. Az intenzitás fokozás másik lehetséges módszere, a különböző szűrők alkalmazása, mely azonban a képi környezettől függő művelet. Ebben az esetben az adott pixel intenzitás értéke a közvetlen környezetében lévő pixelek intenzitásától függ (VERŐNÉ WOJTASZEK M., KÖRMENDY E., 2015.).

A műholdképek készítése során a Föld légkörének zavaró hatásai, a felvevő rendszerek és a műholdpálya sajátosságai, az érzékelő műszerek eltérő érzékenysége, a földfelszíni domborzat változatossága és a folyamatosan változó megvilágítási viszonyok miatt a mért sugárzást különböző torzítások terhelik.

A torzítások csökkentésére radiometriai korrekciót alkalmaznak, melyeket a földi vevőállomásokon korrigálnak.

Az osztályozás céljának megfelelő adatok hatékony kinyerésének érdekében különböző lényegkiemelő szolgáltatások is használhatóak. Az elemi adatok (pixelek) által hordozott információk felerősítése és a felesleges adatok eltávolítása nagyban csökkenti az osztályozási számításokra fordított időt.

A interpretációt nagyban elősegíthetjük ha különbség vagy hányados képeket állítunk elő, melyek az eredeti felvétel sávjai között elvégzett aritmetikai műveletek eredményei. A sávok között számított ún. vegetációs indexek kiválóan alkalmasak a vegetáció monitoringozására. Az ilyen típusú indexek számításához általában a látható fény vörös (RED) tartományába eső sávot és közeli infravörös (NIR) sávot használjuk, melyek elsősorban a növényzet jelenlétének és állapotának jellemzésére használhatóak.

Általánosan használt vegetációs indexek például a:

különbségi index: $D_{NIR,R} = NIR - R$

egyszerű vegetációs index:: $VI_{NIR,R} = NIR / R$

normalizált vegetációs index: $NDVI_{NIR,R} = (NIR - R) / (NIR + R)$

Az említett két sáv (NIR, RED) hányadosaként előállított képekre azért is szükségünk lehet, mert egyes sávok intenzitásértékei korrelálnak a terület megvilágításával, ezért a hányados képeken a domborzat okozta megvilágítási különbségek kiegyenlítődnek.

A képi megjelenítés során fontos, hogy a műholdfelvétel készítése során keletkező geometriai hibák korrekciója megtörténjen. A geometriai korrekció célja ezeknek a hibáknak a kijavítása, a felvétel meghatározott térképi vetületbe illesztése. A geometriai korrekció két részfeladatra bontható: a koordináta transzformáció paramétereinek meghatározására és a pixelenkénti koordináta transzformációra és az újramintavételezésre. A koordináta transzformációval a koordináták átszámítása történik, ezt követően a határozzuk meg, az adott pixel intenzitás értékét a pont környezetének figyelembevételével.

Az osztályozás során képpontok, összetartozó képpontegyüttesek sajátosságaik alapján történő felismerése, kategorizálása vagy előre megadott célkategóriák valamelyikébe történő besorolása. A célkategóriák meghatározása történhet a képpontok intenzitás értékeinek, texturájának, alakjának elemzésével. Az elemzéseket reprezentatív

mintaterületek kijelölésével kezdjük, mely során a munkaterületet homogén régiókra osztjuk fel és meghatározzuk a tematikus kategóriák spektrális tulajdonságait befolyásoló tényezőket. Ez alapján történik a referencia területek meghatározása, melyeket tanuló-, majd teszterületekre osztunk fel. A tanulóterületeket a tanulási fázisban használunk a kategóriák meghatározásához, a másikat az osztályozási eredmény pontosságának vizsgálatához használjuk. Az ismeretlen hovatartozású pixeleket az előre meghatározott célkategóriák valamelyikébe soroljuk. A célkategóriák mintáiból kigyűjtött jellemző intenzitási adatok alapján az ismeretlen intenzitású pixeleket összehasonlítjuk az egyes osztályokra jellemzőkkel és a leginkább jellemző célkategóriába soroljuk be.

Az objektum-alapú osztályozásnál nem képpontokat, hanem képpont együtteseket osztályozunk, mely együtteseket szegmentálással állítjuk elő. A képszegmentálás során a képet egymással összefüggő, homogén területekre osztjuk fel úgy, hogy a homogenitási kritériumokat egyszerre több sávon használjuk. A szegmentált képen végezzük el az osztályozást. A kijelölt szegmensekről gyűjtött adatok jól leírják a tematikus kategóriák intenzitási jellemzőit, melyek alapján pixel alapú osztályozási eljárásokkal elvégezhető az osztályozás. Az egyes tematikus osztályok pixelei azonos intenzitástérben csoportosulnak, melyek intenzitásterek jól elkülöníthetők egymástól. Ezeket az adatcsoportokat „clustereknek”, az előállítását gyakran automatikus vagy nem ellenőrzött osztályozásnak nevezzük, mely során a digitális képet spektrális adatosztályokra bontjuk. Az egyes clustereket elkülönítjük, majd ezeket megfeleltetjük a tematikus kategóriáknak. A tematikus kategóriákról általában feltételezzük, hogy spektrálisan hasonlóan viselkednek. A valóságban azonban gyakran előfordul, hogy a különböző felszíni objektumok azonos vagy hasonló tulajdonságaik miatt téves osztályokba kerülnek, ezért szükséges a felvételek elemzésekor az osztályozás pontosságának ellenőrzése is. A pontosságvizsgálatban az ismert földi teszterületek pixeleit hasonlítjuk össze a tematikus térkép szerinti osztályozással. Az összehasonlítás eredménye alapján szükség lehet újraosztályozásra vagy az osztályok spektrális jellemzőinek újradefiniálására.

2.4 A helyspecifikus növénytermesztés támogató eszközök és módszerek

A helyspecifikus mezőgazdaság régebben egyet jelentett a precíziós mezőgazdaság fogalmával. Ez mára teljesen megváltozott és a precíziós mezőgazdaság több különálló,

teljesen jól definiálható részre épül fel. Többek között a precíziós állattenyésztés azon belül is a szaporodás és tápanyaggazdálkodás specializációi. De a növénytermesztésen belül is megtalálhatóak a konkrét növénytermesztési technológia elemeit érintő precíziós elemek úgy, mint a jelentős eredményekkel rendelkező hozamtérképezés, tápanyag-utánpótlás, növényvédelem és a kevésbé kidolgozott talajművelés. Az elmúlt időszak nagy technikai előrelépése a megtermelt növényi termék feldolgozását, tárolását segítő precíziós szárítási technológia (SPEISER, F. 2014.).

2.4.1 Hozamtérképezés

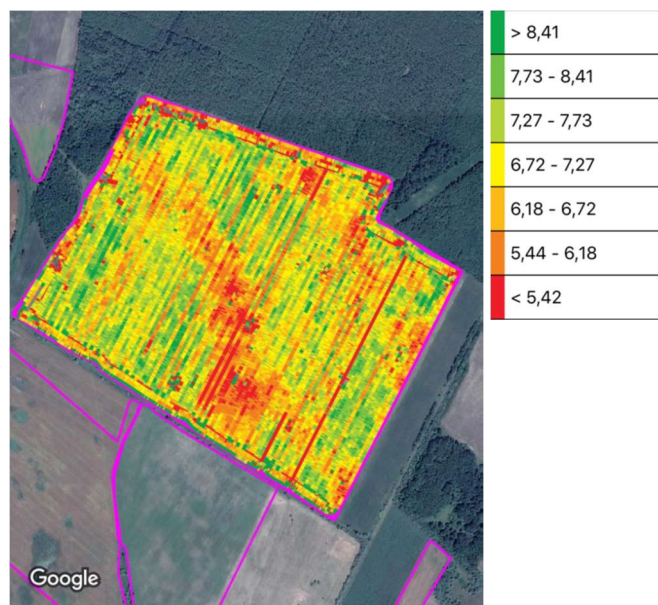
A hozamtérképezés az egyik legfontosabb adatfelvételi lehetőség a precíziós növénytermesztés eszközrendszerében. Közvetlen információt nyújt az adott területről lekerülő termés mennyiségéről, a terület termőképességéről és a gazdaságos és ésszerű talajmintavételezéshez szükséges zónalehatároláshoz is fontos adatokat képes szolgáltatni. Segítségével nyomkövethető a táblán belüli változékonyság, mely több éves idősoros vizsgálat alapján a tápanyagok differenciált kijuttatásához is segítséget nyújt.

A hozamtérképező rendszer alapvetően a kombájn által gyűjtött adatokat jelent, mely a hozammérésen (mennyiség) túl adatot gyűjt a betakarított termés szemnedvességéről és sok esetben még más egyéb minőségi paraméterről is. A hozamtérképező kombájnna az adatok rögzítéséhez és kiértékeléséhez szükséges még rendelkeznie helyzet és sebességérzékelő szenzorokkal, a DGPS adatok vételére alkalmas helyzetmeghatározó rendszerrel és az adatok rögzítésére alkalmas hardveres és szoftveres háttérrel.

A kombájnna végzett hozamtérképezés során viszonylag sok adatra (500-600 adatpont/ha) van szükségünk ahhoz, megfelelő képet kapjuk a terület változékonyságáról. Az egy adatpontra eső terület nagysága függ a vágóasztal méretétől és a sebességtől illetve a helyzetmeghatározó rendszer pontosságától.

Ma már elérhető a hozamtérképezés a távérzékeléssel szerzett adatok módszeres elemzésével végzett termésbecsléssel alapján is. A nemzetközileg elismert, egyedülálló eljárás a látható és infravörös tartományban, rendszeresen készült űrfelvételeket használ. Fizikai alapja, hogy a különböző növényfajták sugárzási képe egyedi. Az óriási kutatási befektetésre az automatikus, pontos és részletes információszerzés módszerének

kidolgozásához volt szükség. A módszer a kedvező időjárási adottságú, de az aszályos és a belvizes években is kitűnően vizsgázott. (A technológiát egyébként a belvíz, árvíz és aszály követéséhez, dokumentálásához is használják.) A termésbecslés kísérleti szinten ma már a mezőgazdasági tábla mérettartományában is működik (CSORNAI, G., 2003.).



6. ábra: A C5 parcella őszi búza hozamtérképe

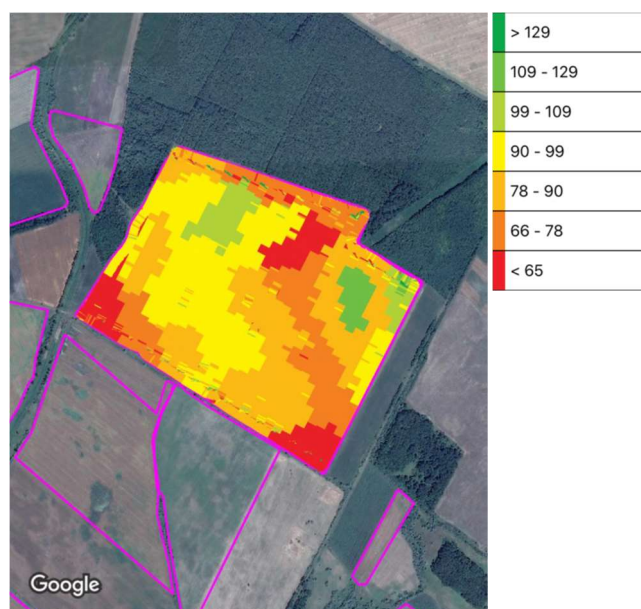
A hozamtérkép és tápanyagvizsgálatok eredménye alapján nem csak kizárólag a differenciált tápanyagkijuttatás tervezhető, hanem akár a kijuttatandó vetőmag mennyisége és egyéb a terméseredményt befolyásoló termesztéstechnológia tényezők is.

2.4.2 A változtatható mennyiségű tápanyag-utánpótlás eszközei

A helyspecifikus tápanyag-utánpótlás a precíziós növénytermesztés talán legrégebben kutatott és alkalmazott területe. A tápanyag-utánpótlás tervezésének folyamata összetett, mely szorosan összefügg az előzőekben említett hozamtérképpel és a talajmintavételezés technikájával és az elemzett adatok mennyiségével (CZINEGE, 2002.). A hozamtérkép alapján a területet szükséges kisebb kezelési egységekre bontani a terület talajadottságainak heterogenitása miatt. Ezt sok esetben nem veszik figyelembe és egyszerű rácsmódszerrel felosztva a táblát végzik a talajmintavételezést akár 3-5 ha-onként, mely azonban véleményem szerint nem ad megfelelő alapot a változó mennyiségű tápanyag-utánpótláshoz. Ami bizonyos, hogy a különböző kijuttatási zónák

méretét és határait pontosabban és gazdaságosabban meg tudjuk határozni a hozamtérképek alapján. Fontos még, hogy a kisebb kezelési egységek jobban le tudják írni egy terület változékonyságát. Egyes kutatások 100x100m-es (PECZE et al., 2001.), mások akár 50x50m-es kezelési egységet javasolnak (MESTERHÁZI, P. 2004.).

A kezelési egységek és zónák meghatározása után fontos megjelölni a különböző termőképességű zónák termőképességétől elvárt termés hozamát. A elvárható hozam mértéke több tényezőtől is függ, ilyen az adott növényfaj genotípusos terméspotenciálja, a tápanyag-utánpótlás mértéke, az öntözés lehetősége.



7. ábra: Differenciált tápanyag kijuttatás zónatérképe a C5 parcellán

A rendelkezésre álló adatokból térinformatikai módszerek segítségével digitális kijuttatási térképek készülnek. Ezek elemzésével határozzák meg a beavatkozás mértékét és pontos helyét, melyet a traktorba telepített hardveres és szoftveres megoldások kivezérelnek a tápanyag kijuttató eszközre. A kezelés sikerességéről pedig a következő évi hozamtérkép tájékoztatja a gazdálkodót. A hozamtérképek egyik fontos előnye, hogy hosszú távon rendkívül jól mutatják a kezelések hatására lezajló változásokat tábla szinten épp úgy, mint táblán belül.

2.4.3 Helyspecifikus gyomszabályozás

A növényvédelem egy viszonylag új alkalmazási iránya a helyspecifikus gyomszabályozás. A precíziós eszközök felhasználása a növényvédelemben kétségtelenül nagy jelentőségű lehet, hiszen a növénytermesztési technológia egyik legdrágább és valószínűleg a legnagyobb környezetterhelést jelentő eleméről van szó. Főként külföldön, de hazánkban is egyre több kutatás foglalkozik a technológia kidolgozásával, pontosításával különösen a gabonafélék és a kapás kultúrák csoportjában.

A kutatási irányzatok mindinkább a többsávós és nagyfelbontású légi-, illetve űrfelvételek irányában folynak. A multi- és hiperspektrális felvételek térinformatikai képelemzési eljárásokkal elemzett adatai a begyűjthető adatok mennyisége, minősége (pontossága) tekintetében hatalmas változást hoztak a precíziós gyomszabályozás (növényvédelem) műszaki megoldásainak területén. Hazánkban is már viszonylag régóta megbízható eredmények állnak rendelkezésre a hiperspektrális felvételek ilyen irányú vizsgálataival kapcsolatosan (REISINGER et al., 2007).

A technológia azt a cél tűzi ki, hogy az egész tábla növényvédőszeres kezelése helyett, csak a mezőgazdasági táblának azt a részét kezeljük, amelyen a beavatkozást igénylő probléma van akár egyedi növény szinten is. A gyakorlatban jelenleg még jellemzően a foltkezelés tud megvalósulni.

A technológia első lépéseként a terület gyomfelvételezésére van szükség, mely történhet műholdképek alapján illetve pontosabb képet kaphatunk UAV-al (pilóta nélküli repülő) történő légifelvételek készítésével. A tarlón vagy vetetlen szántóföldön készített felvételeken jól elkülönülő gyomfoltok térinformatikai eszközökkel jól lehatárolhatók (VIRÁG, I., 2014) és digitális térképen a kijuttató eszköz számára értelmezhető információvá alakítható. Az információ alapján kezelhetőek a gyomproblémával érintett területek.

Másik fontos alkalmazási terület a talajtérképre alapozott preemergens gyomszabályozás. A technológia előnye, hogy a gyomfelvételezési eljárást a kezelést megelőzően nem kell elvégezni, viszont szükséges a kezelendő terület gyomviszonyainak alapos ismerete. Tapasztalatok szerint egy adott terület gyomflórája az évek során számottevően nem változik. Erről egy gyomtérkép készül (NAGY S., 2003), mely alapján a permetező gép fedélzeti számítógépe folyamatosan kontrollálja a munkafolyamatot, ha

szükséges módosítja a hatóanyag dózist, elzárja, vagy megnyitja az egymástól független szórófejeket.

Napjainkban az eljárással kapcsolatos kutatások legeredményesebb iránya a szenzoros érzékelés. LEGG – STAFFORD (1998) szerint a legjobb szenzor maga a termesztett növény, hiszen egyből jelzi, ha termesztése során valamely összetevő elmarad az igényeitől.

A gyakorlatban történő elterjedésüket, azonban nagymértékben befolyásolja az árak. Elmondható, hogy az ilyen eljárások akkor válnak kifizetődővé, ha az alkalmazásukkal elérhető szermegtakarítások fedezik az érzékelés költségét. Az eljárások megbízható adatszolgáltatásához azonban szükség van arra, hogy legyen megfelelő differencia a talaj, a termesztett növény és a gyom felületéről visszaverődő reflektanciában valamint, hogy megfelelő legyen az érzékelő spektrális felbontása, vagyis el lehessen különíteni a gyomot (LAMB – BROWN, 2001).



8. ábra: Gyomfelismerő kamerával felszerelt foltkezelésre alkalmas permetező
(Forrás: Farmers Weekly magazin, <https://www.fwi.co.uk>, 2019)

Az érzékelés másik lehetősége a permetezőre szerelhető és a fedélzeti számítógéphez csatlakoztatható szenzorok illetve kamerák alkalmazása (LÓPEZ-GRANADOS, 2010). Ezek általában infravörös-, multispektrális- vagy RGB- (vörös, zöld, kék csatorna) kamerák, melyek többnyire a vázra vagy a permetező keretre építve kis magasságból a föld felett készítenek képeket. A képek valamilyen algoritmus alapján feldolgozásra kerülnek. Az így kapott információt a fedélzeti számítógép azonnal feldolgozza és a kapott eredmény alapján valós időben szabályozza a kijuttatást.

Az alkalmazások használata révén nagy mennyiségű növényvédőszer takarítható meg, melynek pénzben kifejezett értéke jelentős. A technológia ezzel támogatja a környezetbarát, hatékony és gazdaságos növénytermesztést.

2.4.4 A vetés precíziós megoldásai

A helyspecifikus növénytermelés műszaki-technológiai vívmánya a helyspecifikus vetés is (HEEGE – FELDHÄUS, 2002). A hagyományos technikával történő vetéskor az egyik leggyakrabban előforduló probléma a keresztsorok elvetésekor jelentkező felülvetés. A felülvetés következtében az elsőként vetett sorokat keresztezve oda is kerül vetőmag ahová nem szeretnénk vetni, melynek következtében gazdaságtalanul vetünk ki a szükségesnél több vetőmagot, valamint az adott területre eső optimálisnál nagyobb tőszám többlettápanyag felhasználással jár ami adott esetben csökkenti a hozamot is.



9. ábra: Szakasz vezérelt, differenciált tőszám kijuttatásra alkalmas vetőegység
(Forrás: <http://nvp2.ca/products/>, 2020.)

A szakaszvezérléssel ellátott vetőgép fedélzeti számítógépe a helymeghatározás folytán érzékeli a már bevetett területet és annak határához érve leállítja a vetőegység működését. Ezen felül képes a heterogén tábla talaj és termőképesség szerint zónákra osztott területén az előre zónatípusonként beállított tőszámot vetni akár vetőegységenként külön-külön.

A gyakorlati tapasztalatok szerint a rendszer képes ± 2 cm-es pontossággal elvetni a csatlakozó sorokat, a táblaforgóba történő be- és kilépéskor nem kezdi meg hamarabb vagy később a tábla belsejének vetését, sőt vetés közben a tőszám változtatására is lehetőséget ad, így a gyengébb vízgazdálkodású, erodáltabb foltokon kisebb hektáronkénti tőszámmal vetik a kultúrákat, míg a jobb adottságokkal rendelkező táblarészekben nagyobb tőszámmal. A módszer segítségével javul a növénytermesztés

biztonsága, hiszen kedvezőtlen időjárási viszonyok mellett (aszályos években) a gyengébb adottságú foltokon akár a termés kötődés, vagy a termés kifejlődés is elmaradhat (MILICS – SMUK, 2012).

2.5 A szaktanácsadás szerepe a mezőgazdaságban

A mezőgazdaságnak kiemelt szerepe van a vidéken élők megélhetésének biztosításában. A tevékenységnek sok esetben jövedelemkiegészítő szerepe van, azonban sokaknak ez az egyetlen jövedelemforrása. A mezőgazdasági termelés színvonala és jövedelemtermelő képessége közvetlen hatással van a vidék munkaerőmagtartó képességére. A munkaerő megtartása és a megtermelt jövedelem mértéke szorosan összefügg az alkalmazott termelési technológia és szaktudás színvonalával, melyek fejlesztésének egyik hatékony eszköze a mezőgazdasági szaktanácsadás. Természetesen a nagyon fontos, hogy az adott térség, a megtermelt termék és az ott élők sajátosságait figyelembe véve történjen a szaktanácsadás kidolgozása.

A szaktanácsadás gazdasági célkitűzése a vállalkozások jövedelmezőségének javítása, azon belül az alkalmazott termesztéstechnológia fejlesztése, a termelés beindítása, a termelés hatékonyságának növelése. A gazdálkodók nagy többsége nem vagy csak hiányos pénzügyi, adózási ismeretekkel rendelkezik illetve nehezen igazodik el a különböző jogcímenek igényelhető támogatások benyújtásának feltételei között, ebben tud nagy segítségére lenni a szaktanácsadó.

A szaktanácsadás társadalmi célkitűzése a vidéken élők életszínvonalának emelése, mely tulajdonképpen a gazdasági célkitűzések megvalósulásával érhető el. A társadalom számára is hasznos amennyiben pl. a termelés során a környezetvédelem szempontjai is érvényesülnek illetve a gazdálkodás eredményessége szempontjából fontos, hogy a gazdálkodó tevékenysége során minél hamarabb és minél jobban alkalmazkodni tudjon a folyamatosan változó körülményekhez.

2.5.1 A precíziós növénytermesztéshez kapcsolódó kereskedelmi célú szaktanácsadás sajátosságai

A precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó szaktanácsadás alapvetően kereskedelmi célú, hiszen a termelés hatékonyságának növeléséhez hiába áll rendelkezésünkre a szaktudás

ha nem rendelkezünk a szükséges eszközökkel. A precíziós technológiát megvalósító eszközök többsége informatikai rendszereket használ, számítógépes vezérléssel és nagy pontosságot valósít meg, ami a legtöbb esetben csak magas költség mellett valósul meg. Az eszközök értékesítése pedig komoly bevételhez juttatja az azok kereskedelmével foglalkozó vállalkozásokat.

Természetesen a megvásárolt technológia ésszerű és hatékony használatával a technológiát használó termelő gazdálkodás nyeresége is növekszik, a folyamat azonban öngerjesztő, mert a sikeres alkalmazás újabb hatékonyságnövelő vagy költségcsökkentő beruházásra ösztönzi a termelőt.

A precíziós gazdálkodás a magyar vidék munkaerő-megtartó képességéhez, fejlődéséhez és az ottani életminőség javításához is hozzájárul, hiszen ma már a legmodernebb technika érhető el vidéken, nem kell városba költözni ahhoz, hogy a jövő eszközeivel végezhessek a gazdálkodók a mindennapi munkájukat.

A precíziós termelési technológiát felhasználók rengeteg információval találkoznak, szembesülnek ezek előnyével és jövőbe mutató szerepével. Arról azonban sokkal kevesebbet lehet hallani, hogyan építhetők be ezek a megoldások napjaink agrotechnológiájába. Milyen szinten és mennyire kompatibilisek az egyes rendszerek egymással, milyen további fejlesztési lehetőséget adnak a felhasználóknak és mi az az informatikai háttér, amellyel rendszerezni lehet a felhalmozódó adatokat és maximalizálni a következő technológiai lépésekhez kapcsolódó döntések pontosságát. A versenyképes, egyben hatékony gazdálkodás alapja a jelenkor technológiai vívmányainak követése.

Az precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó szaktanácsadás az innovatív technológiát alkalmazó eszközök, azok alkalmazását elősegítő és a kapott információk feldolgozását eredményező technológia értékesítését jelenti. Az értékesítés gyenge pontját jelenti, hogy a kisebb gazdaságok nem tartoznak az elsődleges célcsoportba, az új termékeket csak az amúgy is fejlettebb technológiával rendelkező üzemeknek tudják átadni és a szaktanácsadás során csak kevés figyelmet fordítanak az alacsony ráfordítást igénylő technológiára.

2.5.2 A precíziós gazdálkodás technológiájának elterjedését befolyásoló tényezők

A precíziós gazdálkodást a szaktanácsadás tekintetében kezelhetjük úgy, mint jelentős mértékű újítást. Az újítások elterjedését több tényező is befolyásolja: a gazdálkodó kora, szakképzettsége, a szaktanácsadóval kialakított kapcsolata valamint a gazdaságának mérete és bevétele. Ezenkívül nagyon fontos, hogy a mekkora az adott technológia megtérülés ideje, mennyire bonyolult az alkalmazása a gazdálkodó számára, lehetséges-e több kisebb lépésben végrehajtani, van-e lehetőség a kipróbálásra illetve mennyire fér össze a már alkalmazott technológiai elemekkel.

Tudományos szempontból is vizsgálhatjuk az újításterjedésének időbeli változását az ún. elfogadási görbével, amelyben legkorábban az újítók adaptálják az új eljárást. Őket követik a korai elfogadók, melyek még jelentős előnyre tehetnek szert a régi módszerekkel dolgozókkal szemben. A korai többség már csak kisebb mértékben élvezi az újításelőnyeit. A késői többség és főleg a lemaradók a technológia elkésztett bevezetésével már csökkentik a felzárkózás esélyét, hiszen az újítók csoportja ekkor már új ötletek megvalósításán dolgozik (KOZÁRI et al. 2009.). A gazdálkodás szempontjából legoptimálisabb időpont az újítás alkalmazására a korai elfogadók és korai többség csoportja, hiszen ebben az időpontban a technológia már kipróbált és a több felhasználó miatt már általában olcsóbb is, mint a korábbi fázisban.

III. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A mintaterület és a termesztett növény technológiájának bemutatása

A dolgozatban vizsgált mintaterület a Szemere-Mag Kft. használatában áll, ahol növénytermesztési vezetőként dolgozom. A Kft. mintegy 1900 ha területen gazdálkodik, melyből mintegy 1860 ha szántóterület, 40 ha kaszáló, gyepterület valamint a szántóföldi növénytermesztés mellett, húsmarhatartással is foglalkozik.

A termesztett növények köre főként gabonanövények (őszi búza, őszi árpa), olajos növények (őszi káposztarepce, napraforgó) és takarmánynövények (silókukorica, lucerna).

A 2017/2018. gazdasági évben a vetésforgó területi megoszlása a következő képpen alakult:

Növény	őszi búza	őszi árpa	őszi káposztarepce	napraforgó	silókukorica	lucerna
Terület (ha)	843	64	546	377	20	12

A Kft. a termesztéstechnológia terén elkötelezett híve a precíziós növénytermesztésnek. A technológia minden elemében megjelenik a helyspecifikusság, a termőhelyi sajátosságok figyelembevétele, melynek első elemei a 2016/17. gazdálkodási évben jelentek meg a termesztéstechnológiában. Az első lépés az RTK helymeghatározó rendszerrel felszerelt új traktor beszerzése volt, mellyel lehetővé vált a nagy pontosságú sorvezetés, így minimálisra csökkent a táblán belül a munkagéppel végezett felesleges átfedés és taposás valamint esetleges elhagyás illetve rossz látási viszonyok között is lehetővé vált a pontos munkavégzés. Az üzemanyag-megtakarítás és a munkaminőség javulásának pozitív tapasztalatai nyitottak utat az újabb fejlesztésnek: a szakasz vezérelt munkagépek megjelenésének, melyeket kezdetben a traktor számítógépe vezérelt, majd később elérhetővé váltak a saját rendszerrel működő munkagépek is. Az elektronikus vezérlésű szemenként vetőgép beszerzésével lehetővé vált a nagy pontosságú vetés és a soronként vezérelhető magmennyiség-szabályzás illetve sorrelzés. A nagyteljesítményű önjáró permetezőgép sebesség függvényében, a szórókeretet 8 szakaszra osztva végzi a kijuttatást.

A dolgozathoz szorosan kapcsolódó fejlesztésünk az elmúlt év során beszerzett szakaszvezérelt műtrágyaszórók, melyek a röpitőtárcsa fordulatszámának, a műtrágya röpitőtárcsára történő pozicionálásának és a műtrágya fajlagos tömegének figyelembevételével 12 szakaszra bontva képes változtatható dózisban műtrágyát kijuttatni.

Természetesen ezeknek a fejlesztéseknek van egyfajta öngerjesztő hatása, hiszen minden egyes technológiai fejlesztés egyben újabbaknak nyit utat. Az, hogy hol a határ és milyen sebességű a gazdaságon belüli fejlődése csak az adott gazdaság szakértőinek elhivatottságán és anyagi lehetőségein múlik. A lényeg, hogy a technológiai átállás egy folyamat, mely a helymeghatározás alkalmazásával kezdődik és folyamatos tanulás és tapasztalás útján vezet el a tényleges precíziós növénytermelésig és annak produktumán keresztül a haszonig.

A talajművelés tekintetében a forgatás nélküli technológiákat alkalmazzuk, amely no-till vagy minimum-till művelés. A talajműveléshez kapcsolódóan az őszi gabona- és repcevetés direktvetéssel vagy egy nagyon sekély tarlóhántó-kezelő művelést követően történik, a tavaszi növények vetése szakasz- és elektronikus tőszám vezérelt szemenként vetőgéppel történik.

A növényvédelem az integrált növényvédelmi szemlélet alkalmazásával valósul meg, amely csak az indokolt és szükséges védekezéseket alkalmazza.

A tápanyagutánpótlás során zónánként differenciált kijuttatásra alkalmas műtrágyaszórókkal juttatjuk ki szükséges tápanyagokat és talajjavító anyagokat.

A betakarítás hozamtérképező műszerekkel és szoftverrel ellátott kombájnokkal történik. Vállalkozásunk a kombájnok által gyűjtött adatok értékeléséhez valamint a precíziós növénytermesztés megvalósításához szükséges további adatok gyűjtéséhez, kiértékeléséhez és a technológiai tervezéshez szaktanácsadó segítségét is igénybe veszi.

3.1.1 A mintaterület bemutatása

A mintaterület Mezőszemere község közigazgatási területén fekszik, a község belterületi határától kb. 1km távolságra keletre. A terület MePAR rendszer szerinti blokkazonosító száma MQXJE-L-16, kataszteri azonosítója Mezőszemere 088/8-17. hrsz.

A terület az Észak-Magyarországi régióban, Heves megyében, Mezőszemere-Mezőkövesd-Egerfarmos-Egerlövő települések által közrefogott területen helyezkedik el.



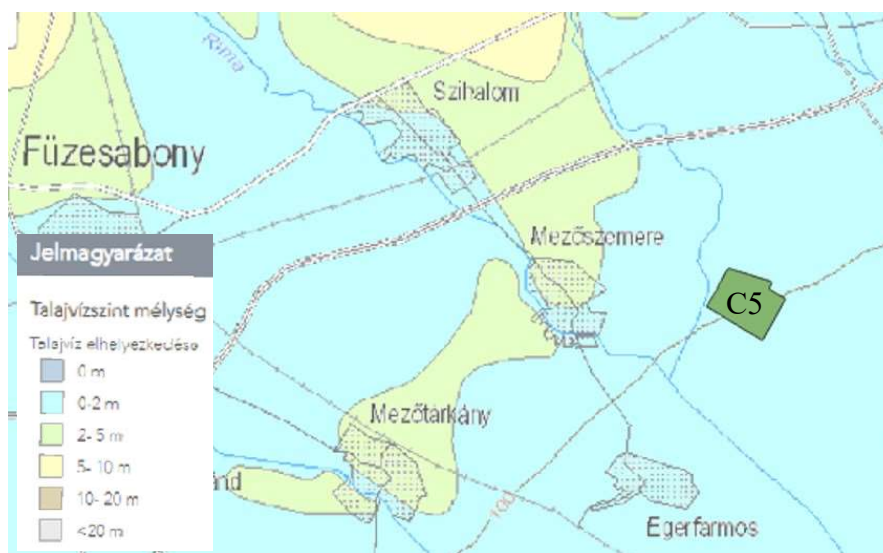
10. ábra: A C5 parcella elhelyezkedése (Forrás: www.mepar.hu)

Fontosabb éghajlati adottságai az elérhető információk alapján: az évi középhőmérséklet 10-10,2°C, az évi napsütéses órák száma 1950-2000. Leggyakoribb az északi, észak-keleti irányú szél. Az éves csapadék mennyiség jellemzően 560-580 mm. Területe hordalékkúp-síkság, a tengerszint feletti magasság 100 m alatt van. A talajvíz mélysége jellemzően 2 m. Magyarország genetikus talajtérképe alapján a kiválasztott terület és annak



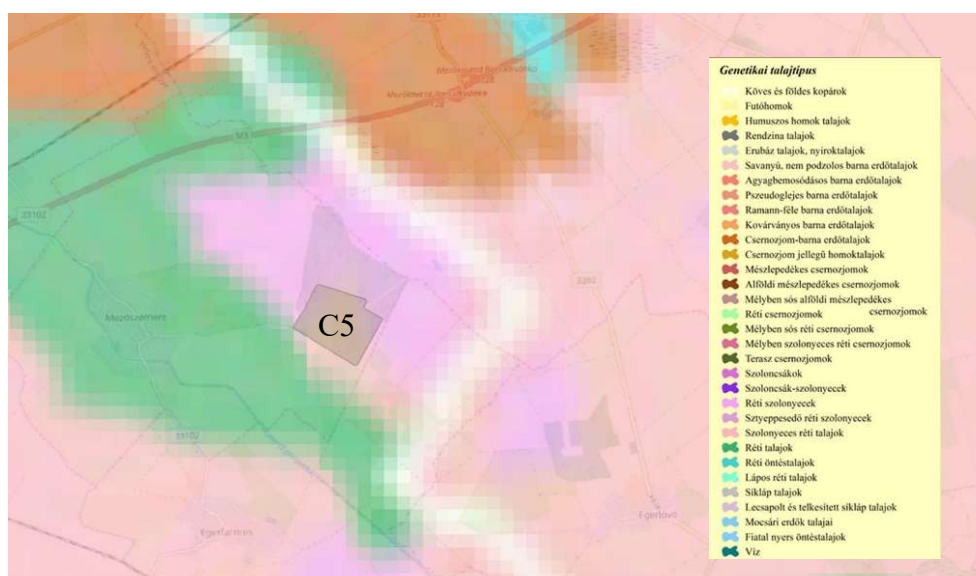
11. ábra: A C5 parcella kataszteri adatai (Forrás: www.mvh.allamkincstar.gov.hu)

jelmagyarázata szerint a tábla fő talajtípusa réti szolonyec, melyet a művelésből eredő tapasztalat és a rendelkezésre álló talajvizsgálati eredmények is igazoltak.



12. ábra: A C5 parcella talajvízszint mélysége
(Forrás: Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, <https://map.mbfisz.gov.hu>)

Ennél a talajtípusnál a réti talajképző folyamatokhoz kismértékű szikesedés társul. A kiásott talajszelvény képe alapvetően réti karakterű és az általános képtől csak tömöttebb, hasábos alsóbb rétegek térnek el, ami egyben a magasabb nátriumtartalom megjelenésének is a helye. A talajvizsgálati eredmények között előfordul 40-50 mg/kg vagy esetenként a feletti eredmény is, amely a szikesedési folyamatok jelenlétéről árulkodik.



13. ábra: A C5 parcella talajtípusa (Forrás: MTA ATK TAKI, <https://www.mta-taki.hu>)

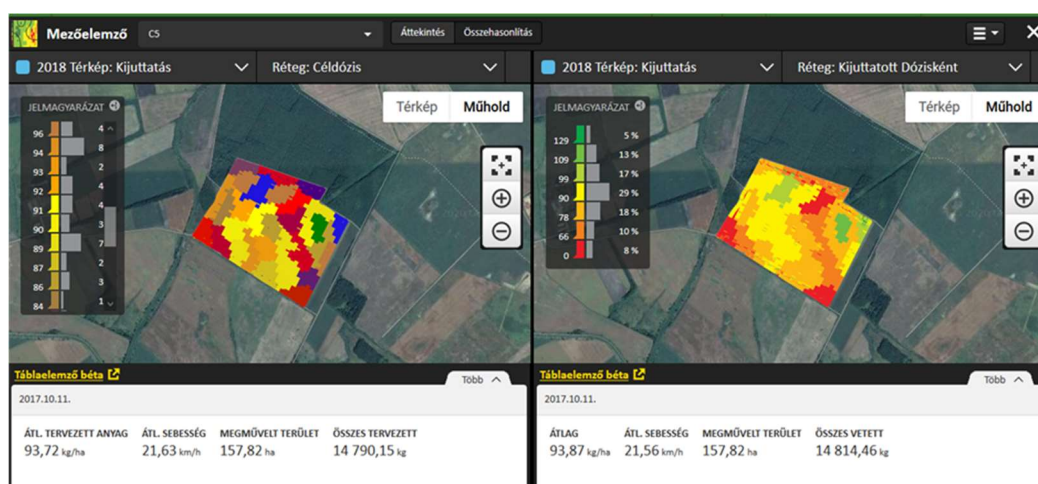
A talaj felső rétegét alapvetően fekete színű 3,5-4,5% közötti humusz tartalmú talaj jellemzi, melyhez rövid átmenettel csatlakozik az agyagosabb, sárgásabb színű alsóbb szint, melynek szerkezete hasábos vagy gyengén oszlopos. E talajtípus vízgazdálkodása alapvetően kedvezőtlen, melyet a talajszerkezet megtartásával, a művelési mód, időpont helyes megválasztásával és talajjavító anyagok (szervestrágyázás, mésztrágyázás) kijuttatásával igyekszünk javítani. Tápanyaggazdálkodására a nagy tápanyagtőke, de kis hasznosítható tápanyagkészlet a jellemző. A talajban előforduló tápanyagok megfelelő arányát szeretnénk elérni, megtartani, melynek egyik eszköze a differenciált tápanyagkijuttatás.

A mintaterület gazdaságon belül használt megnevezése *C5 parcella*, a teljes megművelt terület nagysága 90,71 ha. A vizsgálat évében őszi búza volt vetve a parcellába, őszi káposztarepce volt az elővetemény.

1. táblázat: A C5 parcellában termesztett növények

Év	2014	2015	2016	2017	2018
Növény	Kukorica	Napraforgó	Őszi búza	Őszi káposztarepce	Őszi búza

Az elővetemény betakarítását követően a szecskázott szármaradványok sekély beforgatásának, a talajfelület lezárásának és az árvakelés minél korábbi kelésének érdekében 3-5 cm mélységű tarlóhántást végeztünk. Egy hónappal később egy újabb rövidtárcsázással beforgattuk a kikelt gyomokat és a káposztarepce árvakelést illetve 5-7 cm mélységű magágyat készítettünk elő az őszi búza vetéséhez.



14. ábra: Az alaptrágyaként differenciáltan kijuttatott MAP (N12-P52%) műtrágya céldózist és kijuttatott dózist összehasonlító képe

A vetéshez használt Sirtaki őszi búza vetőmagot előzetesen 2l/t. dózisban csáváztuk Yunta Quattro csávázószerrel a talajban előforduló gombabetegségek és rovarkártétel megelőzésének céljából. A vetést tömörítőhenger járatásával zártuk le a csírázás elősegítésére. Őszi alaptrágyázásként a nitrogén és foszfor hatóanyagot szaktanácsadás alapján zónánként differenciáltan juttattuk ki.

A tavaszi nitrogén fejtrágyázást az egész parcellán ugyanazzal a dózissal, két adagban juttattuk ki, majd korán csírázó kétszikű gyomok megjelenése miatt MCPA hatóanyag tartalmú gyomirtószeres kezelést végeztünk.

10 nappal később került sor a szelektív egyszikű gyomirtó hatással is rendelkező széles hatásspektrumú gyomirtószerrel kombinált, a kalászos gombabetegségek megjelenésének megelőzését célzó, növekedés-szabályozó, szárszilárdító és mikroelem tápanyagokat is tartalmazó kezelésre.

Az áprilisban kedvezőre forduló időjárás, a távérzékeléssel végzett növénymonitoring (hamisszínes és NDVI index kép, 15. ábra) és a területbejárás alkalmával azt tapasztaltuk, hogy egy kiválóan fotoszintetizáló, jó nedvesség ellátottságú, egészséges növényállomány van a parcellában, amelynek jó a termés potenciálja. Ezen indokok alapján döntöttünk úgy, hogy egy további mennyiség biztosító, minőség növelő nitrogén fejtrágyázásra van szükség.



15. ábra: Növénymonitoring távérzékeléssel, 2018.04.20-i állapot
(Forrás: Sentinel-hub EO Browser, <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

Ezt követően a zászlóslevelet és a kalászt támadó gombabetegségek megelőzésére és az előrejelző modellezés alapján 05.02-i vetésfehérítő lárvakelés levélfelület csökkentő károsításának megelőzésének érdekében gombaölőszeres és méhkímélő rovarölőszeres

kezelést, valamint az őszi búza vegetációs idejének kitolását elősegítő, termésmenvelő-növénykondicionáló mikroelemtrágyázást végeztünk.

Az aratást RTK vezérelt, hozamtérképező rendszerrel rendelkező kombájnnal, a szükségtelen talajtaposást elkerülendő átrakókocsi használatával végeztük.

2. táblázat : Összefoglaló táblázat a C5 parcellában alkalmazott termesztés-technológiáról

C-5 Őszi búza			
90,71ha			
művelet	dátum	gépkapcsolat	felhasznált anyag/dózis
Tarlóhántás	2017,08,11,	JD 8335R+Carrier	
Tárcsázás	2017,09,11,	JD 8370RT+Carrier	
Vetés	2017,09,27	JD 6195R+JD 740A	Sirtaki 200kg/ha+Yunta Quattro 2l/t.
Hengerezés	2017,09,28,	JCB Fastrac+Rexius	
Műtrágyaszórás	2017,10,11,	JD 8335R+Amazon ZA-TS	MAP 0-150kg/ha
Műtrágyaszórás	2017,10,12,	JD 8335R+Amazon ZA-TS	N27% 56-115kg/ha
Műtrágyaszórás	2018,03,01,	JD 8335R+Amazon ZA-TS	N46% 160kg/ha
Műtrágyaszórás	2018,04,10,	JD 8335R+Amazon ZA-TS	N46% 105kg/ha
Permetezés	2018,04,12,	Agrifac Condor 4000	U46M Fluid 1l/ha
Permetezés	2018,04,22,	Agrifac Condor 4000	Genius 200gr/ha
			Opera New 0,75l/ha
			Cycocel 1l/ha
			Hedland Gabonamix 0,5l/ha
			Hedland Cinkmix 0,5l/ha
			Keserűső 5kg/ha
Műtrágyaszórás	2018,05,02,	JD 6195R+Amazon ZA-TS	N46% 105kg/ha
Permetezés	2018,05,18,	Agrifac Condor 4000	Biscaya 0,2l/ha
			Prosaro 0,5l/ha
			Blister 0,25l/ha
			Keserűső 5kg/ha
			Hedland Gabonamix 0,25l/ha
			Hedland Greenmax 0,25l/ha
Aratás	2018,07,03,	JD S690	7,02t/ha



16. ábra Betakarítás hozammérővel felszerelt kombájjal



17. ábra: A hozamtérképező szoftver által készített hozamtérkép és a C5 tábláról készített műholdas valódi színes felvétel a betakarítás előtt néhány nappal

3.2. A szaktanácsadás adatfelvételezési módszerei

A precíziós növénytermelés alapvető feltétele a megfelelő mennyiségű adat és az abból kinyerhető és hasznosítható információ. A szaktanácsadás igénybevételének elsődleges célja volt a talajmintavételezéssel, távérzékeléssel és hozamtérképezéssel nyert adatok olyan információkká történő alakítása, amellyel hatékonyabbá (költségcsökkentés) és

jobban jövedelmezővé tehetjük a vállalkozásunk által alkalmazott növénytermesztési technológiákat. Mivel a 2017. év az első év, amikor a szaktanácsadás keretén belül elindultunk a helymeghatározó rendszerek használatán túl a precíziós növénytermelési technikák alkalmazása felé, így a tápanyagtervezéshez szükséges hozamtérkép még nem állt rendelkezésre. A szaktanácsadás alapvetően a talajvizsgálati eredményekre és a hosszú idősoros távérzékelte adatokból nyert növénymonitoringra alapult. Célja az adott termelési évre és növényre vonatkozó a talaj makrotápanyag ellátottságának és a zónák terméspotenciáljának figyelembevételével, olyan zónánként differenciált őszi alaptrágyázási javaslat megalkotása és megvalósítása, amely a legjobban biztosítja a termesztett növény (őszi búza) igényei szerinti, zónánkénti terméspotenciál kihasználását a legkisebb tápanyagköltség mellett.

3.3. Táblán belüli heterogenitás térképezése műholdas távérzékeléssel

A Sentinel-2 műholdakkal végzett adatgyűjtés eredményeként megjelenő felvételek készítésének időpontja a gazdálkodótól független, annak időpontját az adott munkaterület felett elhaladó műhold határozza meg.

A képsávok megjeleníthetők egyesével, akár szürkeárnyaltos, akár színárnyalattal ellátott formában is. Lehetőség van arra is, hogy az egyes sávokat rétegenként egymás fölé helyezzük, így alkotva meg a látható fény tartomány alapján a valódi, illetve a közeli infravörös tartomány bevonásával a hamisszínes felvételeket. A műholdkép elemzésben jártas szem a felvételek vizuális elemzésével is képes egyszerűbb következtetéseket levonni.

3.3.1 A letöltött műhold felvételek alkalmazásának, értékelhetőségének szempontjai

A mintaterületről készített műholdfelvételek elemzésének célja, hogy a képtartalomtól különböző kiegészítő adatok felhasználásával tematikus információkat nyerjünk ki, mely információkat tematikus térképi formában jelenítsük meg és azt döntéseinkben fel is tudjuk használni.

Az első lépés ebben az esetben is látás alapján történő vizuális képolvasás volt. Nagyon fontos, hogy olyan felvételek kerüljenek elemzésre, amelyen a különböző terepi objektumok jól elkülöníthetők. A felvételen lévő színárnyalatokból, tónuskülönbségekből, a felvétel szabályos textúrájából, vonalas ábrák és foltok

összefüggéseiből és a képolvasást végző a felszínre vonatkozó ismeretéből lehet következtetéseket levonni.

A legalapvetőbb felismerési tényező a tónus, mely a képrészletek közötti árnyalatnyi különbséget fejezi ki. Az elkülönülő képrészletek mérete és alakja az egymáshoz tartozó képpontok térbeli eloszlásán alapulnak. A kép textúrája az egyes objektumok képének határain előforduló tónusváltozások ismétlődését fejezi ki. A felvételeken látható jellegzetes szerkezetű egységek olyan sémák, amelyen bizonyos felületi tulajdonságok ismétlődnek. A növénytermesztésben használt területek tipikus sémát alkotnak, melyből következtetni lehet a terület használatának jellegére illetve a termesztett növény fajára.

A magasságot és az árnyékot a tereppontok közötti magasságkülönbségek és a tárgyak meghatározásánál használjuk.

A képeken látható színek és tónusok alapján valamint a vizsgált területen lévő objektumok geometriáját figyelembe véve a szaktudással, terepi tapasztalattal és interpretációs gyakorlattal rendelkező szakember képes felismerni, elkülöníteni és tematikus kategóriába besorolni az objektumokat és felszínborításokat.

A Sentinel-2 műhold által a mintaterületről készített felvételek letöltése során alapvető fontosságú volt, hogy a sok esetben hosszadalmas letöltést igénylő felvételek helyett, egy online felületen, letöltés nélkül megjeleníthető képek között válogatva a lehető legjobb minőségű felvételeket válasszam ki a vizsgálataimhoz. Ezért először a feldolgozás számára használhatatlan, de a képek közötti böngészésre kiválóan alkalmas EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) internetes oldalon a mintaterület kiválasztását követően a vizsgálat szempontjából fontos időszakokban tekintetem át a műhold által készített felvételeket. A felvételek áttekintésekor alapvető fontosságú volt, hogy felhőzettől és annak árnyékától, ködfoltoktól és hótól mentes legyen a felvétel. A felvételek időpontjának megválasztásakor fontos szempontok voltak a vizsgált vegetáció fejlődési stádiumai és a tápanyagkijuttatások időpontjai. A vegetációs időszakban készült képeken a művelt terület színe hamis színes kompoziton az őszi búza fajtájától, fejlettségi állapotától, stresszhatásoktól függően a bíborvöröstől a halványsárgáig terjedő színben jelenik meg. A vegetációval nem borított talajok színe nagyon változatos a talaj fizikai állapotától, a degradáció fokától függően.

3.3.2 A táblán belüli különböző terméspotenciájú területek (zónák) osztályozásának szempontjai

A kép osztályozása során képpontok, összetartozó képpontegyüttesek sajátásaik alapján való felismerése, kategorizálása, vagy előre megadott célkategóriákba történő besorolása történik. A besorolás alapját képezhetik: a képpontok intenzitás értékeinek elemzése; a kép textúrájának elemzése, amely a mintázat szempontjából homogén területekre terjed ki; valamint alakfelismerés, amely a kép makroszerkezetét, objektumait jellemzi. A mintaterületek kiválasztása előtt szükséges a munkaterület homogén régiókra való felosztása és a tematikus kategóriák spektrális tulajdonságait befolyásoló tényezők tanulmányozása.

A földfelszín spektrális tulajdonságainak ismeretében kiválaszthatók olyan felvételezési sávok, melyekben az adott munkaterület különböző felszín (talaj-vegetáció) típusai jól elkülöníthetők egymástól. Az adott kategóriához tartozó pixelek spektrális tulajdonságai hasonlóak, így a vizsgált területen tömörülő spektrálisan hasonló pixelek ponthalmazokat alkotnak. A különböző spektrális tulajdonságú ponthalmazok alapján a különböző felszíntípusok elkülöníthetők.

A dolgozatban bemutatott C5 munkaterületről készített többsávós műholdfelvételek kiértékelése az előzőekben bemutatott kiértékelési módszerek alapján főként az őszi búza különböző jellegzetes, a tápanyagutánpótlásokhoz kapcsolódó vegetációs időpontokban történő felvételei alapján történtek. Az munkaterületről készített felvételeken az osztályozás alapját a vegetációra jellemző spektrális tulajdonságok jelentik. A munkaterület zónáinak osztályozásához továbbá figyelembe vételre kerültek a szaktanácsadás keretében meghatározott zónákból vett talajminták vizsgálati eredményei is.

5. táblázat: A dolgozatban felhasznált műholdas felvételek és a képelemzésekhez szükséges információt hordozó állományok

felvétel	dátum	sáv v. állomány
2016. őszi búza vegetációs időszak vége	2016.05.20	RGB+NIR
2017. késő őszi vegetáció, alaptrágyázás előtt	2017.10.12	RGB+NIR
2018. tavaszi vegetáció, fejtrágyázás előtt	2018.02.24	RGB+NIR
2018. tavaszi vegetáció, fejtrágyázás után	2018.04.20	RGB+NIR
	2018.05.05	
	2018.05.30	
2018. őszi búza hozamtérkép	2018.07.03	KITE SHAPE
2019. vegetációmentes műholdas felvétel	2019.02.14	RGB+NIR
MAP differenciált tápanyag-kijuttatási térkép	2017.09.29	KITE SHAPE
Pétiső differenciált tápanyag-kijuttatási térkép	2017.09.29	KITE SHAPE
KITE talajminta adatok	2018.07.29	jegyzőkönyv+Excel
KITE talajmintavételi pontok		KITE VCT
KITE zónatérkép		KITE SHAPE
KITE KITERKEP		KITE SHAPE
C5 táblahatár		KITE SHAPE
C5 hozamcella		KITE SHAPE

Az összehasonlító elemzésekhez szükséges felvételek adatait tartalmazza az 5. táblázat. Az elemzések során a szaktanácsadás keretében és a saját vizsgálatok alapján kapott adatokat hasonlítottam össze:

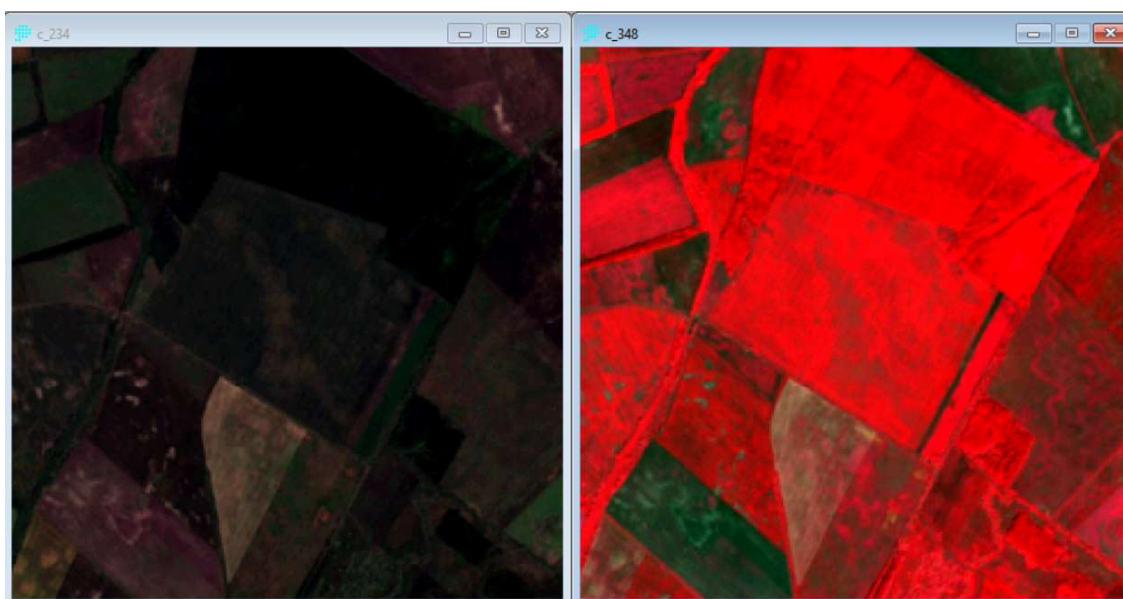
1. a szaktanácsadás során kialakított heterogenitást mutató zónák és az általam készített tábla heterogenitás térképének összehasonlítása,
2. a műholdas adatok feldolgozása alapján készített heterogenitást mutató és a hozam térkép összehasonlítása,
3. a tápanyagkijuttatási javaslat elemzése,
4. a differenciált tápanyagkijuttatás gazdasági hatásának bemutatása.

Az összehasonlító vizsgálatok alapját minden esetben a Sentinel-2 műhold által készített felvételek és az azokhoz kapcsolódó távérzékeléssel gyűjtött adatok jelentették.

3.3.3 Heterogenitás térképezése az IDRISI térinformatikai szoftver használatával

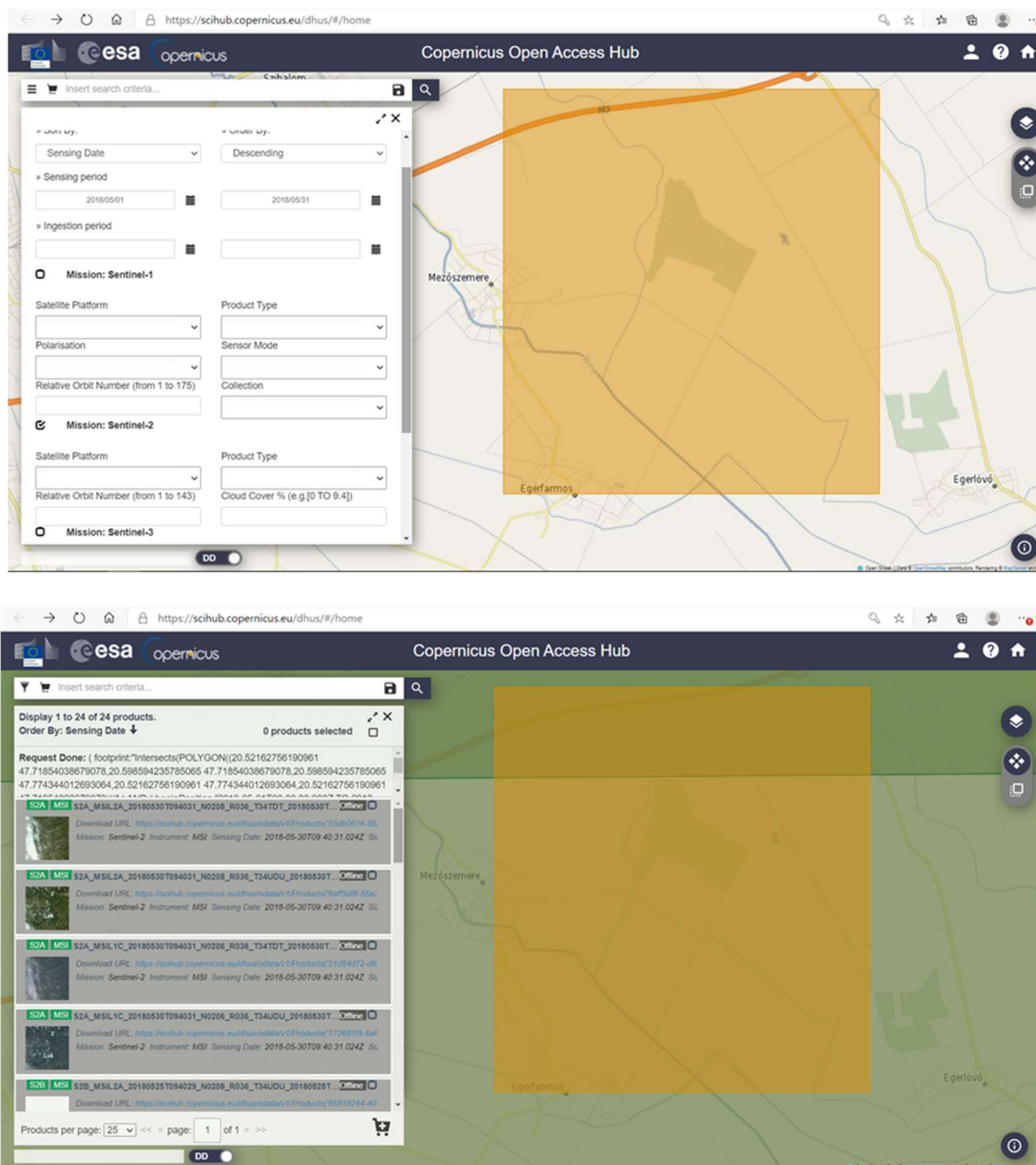
Az összehasonlító vizsgálatok elvégzéséhez elsősorban a gazdálkodás szempontjából fontos növényborítottság vizsgálatára van szükség. Ehhez a műholdképeket az eredeti sávoknak megfelelően a Sentinel-2 műholdak 10 m felszíni felbontású, a látható és

infravörös tartományban készített felvételeinek B02, B03, B04 sorrendben a kék, zöld és a vörös színek hozzárendelésével jeleníthetjük meg. A műholdképek ezen kombinációjaként, így megjeleníthető a valódi színeket mutató kép (jelölés: RGB:234). Tekintettel arra, hogy a vegetáció esetében a NIR (közeli infravörös) sávban (B08) sokkal nagyobb a visszaverődés, több információ kapható, ha ezt a sávot figyelembe vesszük a színek kompozit előállításakor. Ebben az esetben - a B02 (kék spektrumtartomány) sávot kihagyva - az egyes képsávokhoz nem az leképezés sorrendjének megfelelően rendelünk a színeket. A hamisszínes felvételek megjelenítése során a közeli infravörös tartományhoz a vörös színt rendeltem, az eredetileg vörös tartomány a zöld színskálát kapta, a zöld tartományt pedig a kék skálájának kiválasztásával jelenítettem meg. Ebben az esetben a jelölés RGB:843 lesz.



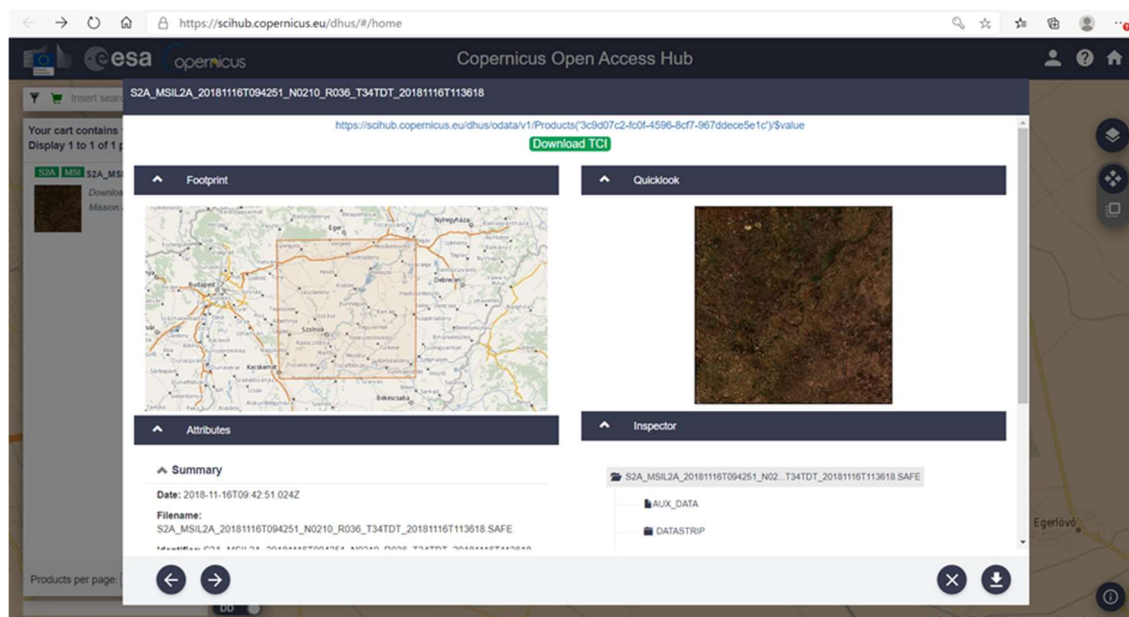
18. ábra: A C5 parcella valódi és hamisszínes felvétele (2018.05.30)

A Sentinel-2 műhold által készített felvételeket a regisztrációt követően a Copernicus Open Access Hub internetes oldaláról (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) töltöttem le. A vizsgálandó terület kijelölését követően megadtam azt az időperiódust, amelyben szeretném a vizsgálatához a felvételeket letölteni. A műhold terület fölötti elhaladási időpontjának függvényében a program felkínálja az adott időszakban elérhető felvételeket. A felvételek közül az előzőekben ismertetett szempontokat figyelembe véve kiválasztottam a célnak legjobban megfelelő felvételeket.



19. ábra: A műholdfelvételek letöltésének felülete és a felkínált felvételek listája

A megfelelő műholdfelvétel kiválasztását követően egyesével letöltöttem az egyes spektrális sávokat. A felvételek .jp2 formátumban tölthetők le, amelyeket a QGIS szoftver használatával „geotif” formátumban exportáltam, megtartva így a vetülethelyes kép geokoordinátáit. A további feldolgozás az IDRISI Selva térinformatikai szoftverrel történt.



20. ábra: A letöltött teljes méretű műholdfelvétel

A rendelkezésre álló teljes méretű műholdképek az összehasonlító vizsgálatokhoz feleslegesen nagy területet ábrázolnak. Célszerű csak a vizsgált területre vonatkozó kivágatot készíteni, melyet az adatok importálása után az IDRISI szoftverben a Reformat – Window funkció használatával a kívánt kivágat (oszlop; sor vagy x;y) koordinátáinak megadásával végeztem el az összes vizsgált időpontra és sávra vonatkozóan.

A távérzékelési adatok digitális kiértékelését számítógépes programok alkalmazásával végezhetjük. Egyik ilyen program az IDRISI Selva, melyet a Clark University fejlesztett ki, első verziója 1987-ben jelent meg. A program egy olyan analitikus elemző eszköz, amelynek főbb területei a döntéstámogatás, a bizonytalanságok kezelése, a képelemzés, a változás és idősoros elemzések meghatározása. A program használata során lehetővé válik az adatok bevitele, adatbázis kezelés, a térbeli adatok elemzése, adatcsere, az adatok statisztikai elemzése, döntéstámogatás, térbeli és időbeli változások elemzése, a képfeldolgozás, valamint az eredmények megjelenítése. Az IDRISI a vektoros és a raszteres adatokat is egyformán jól tudja kezelni. A programmal a legalapvetőbb térképi réteg átfedésektől kezdődően a bonyolultabb több tényezős és célú döntéstámogatási rendszereken keresztül, a térbeli bizonytalanságok kezeléséig sokféle térinformatikai művelet végezhető. A program képes képhelyreállítási műveletekre, melyek a nyers felvételek radiometriai hibáinak javítását szolgálják. Az kapcsolódó intenzitási műveletekkel a felvételek hatékonyabb vizuális kiértékelhetőségét lehet elősegíteni. A

program komoly képfeldolgozó modullal is rendelkezik, amely többféle osztályozási lehetőséget biztosít. Az osztályozás pontosságának növelése céljából különböző lényegkiemelő eljárások is alkalmazhatók, mint például az általam is használt vegetációs indexek számítására alkalmazott VEGINDEX alkalmazás, amely az összehasonlító műveletek alapját képezi.

A dolgozat előző 2.3.3 fejezetében már említettem, hogy az interpretációt nagyban elősegíthetjük ha különbség vagy hányados képeket állítunk elő, melyek az eredeti felvétel sávjai között elvégzett aritmetikai műveletek eredményei. A sávok között számított ún. vegetációs indexek kiválóan alkalmasak a vegetáció monitoringozására. Az ilyen típusú indexek számításához általában a látható fény vörös (RED) tartományába eső sávot és közeli infravörös (NIR) sávot használjuk, melyek elsősorban a növényzet jelenlétének és állapotának jellemzésére használhatóak.

Az összehasonlító vizsgálatokban az NDVI, a RATIO és az RVI indexeket alkalmaztam a hasonlóságok vagy különbözőségek kimutatásának alapjául.

Az NDVI a legszélesebb körben használt műholdas vegetációs index, mely a felszín fotoszintetikus aktivitásával van kapcsolatban. A 0 és 1 között változó, mértékegység nélküli NDVI értékek egy adott helyen a levelek klorofill- és víztartalmát tükrözik. A csupasz talaj NDVI értéke 0,2–0,3 körüli. Minél magasabb a vegetációs index értéke, annál sötétebb zöld a terület, vagyis annál nagyobb a zöld tömeg, ami egészséges, vízzel és tápanyaggal jól ellátott, erős, növekedésben lévő növényállományt jelez. Kisebb az index értéke, amikor a növényállomány még kicsi, és sok csupasz talaj „látszik” körülötte, vagy amikor azt víz-, illetve tápanyaghiány, vagy valamilyen betegség, kártevő sújtja. De csökken az értéke egyes fenológiai fázisokban is, amikor például a vegetációs időszak vége felé, az érés során, amikor is csökken a zöld növényi részek mennyisége. Az NDVI indexet többek között a növények fejlődésének, egészségének, a biomassza mennyiségének becslésére lehet használni.

A RATIO VI (Ratio Vegetation Index) kiválóan alkalmas a zöld növényzet és a talajfelszín megkülönböztetésére. A RATIO VI a közeli infravörös és a vörös tartomány elosztásával állítható elő. Az eredmény egyértelműen megmutatja a vörös és az infravörös sávok közötti kontrasztot a vizsgált pixelek esetében, növényzet esetén magas indexértékekkel az alacsony vörös (klorofiltartalom miatt elnyelődik) és a magas infravörös (levélszerkezet jellege miatt) értékek miatt. Az index arányt fejez ki, így a vizsgált

területet jellemző topográfia eredményeként jelentkező megvilágítással járó problémák kevésbé befolyásolják az eredményt. Hátránya, hogy az index hajlamos a nulla hibákkal történő felosztásra, így a kapott mérési hisztogram nem lineáris. Ennek eredményeként a kapott VI képek nem rendelkeznek normál eloszlással, ami megnehezítheti néhány statisztikai eljárás alkalmazását.

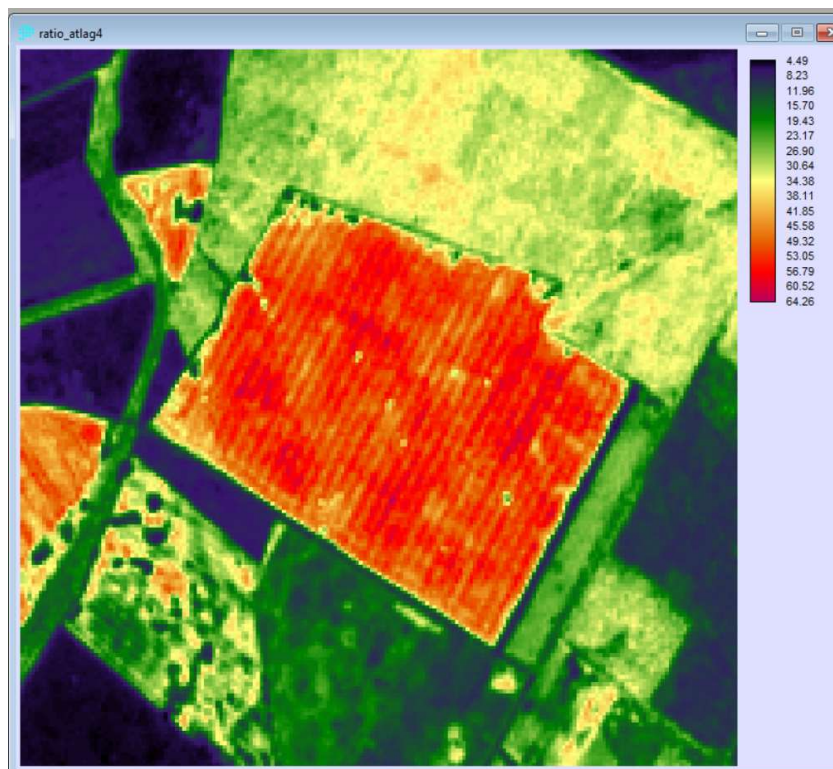
Az egyszerű Ratio Vegetation Index (RVI) grafikus megjelenítésének ugyanazon erősségei és gyengeségei vannak, mint a RATIO indexnek. Számítási szempontból viszont az RATIO index ellentéte.

6. táblázat: Az összehasonlító vizsgálatokban használt vegetációs indexek

NDVI Normalized Difference Vegetation Index, Normalizált Vegetációs Index	$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED})}$	A növényzet fotoszintetikus aktivitását mutatja. Minél nagyobb, fejlettebb a növényzet, annál nagyobb az értéke, amely 0 és 1 között változhat.
RATIO VI (IDRISI) Ratio Vegetation Index, Standard Vegetációs Index	$\text{RATIO (IDRISI)} = \frac{\text{NIR}}{\text{RED}}$	A vegetáció mennyiségét jelző index, érzékeny a klorofill tartalomra. Növényzet esetén magas az értéke, alacsony a talaj, a jég, a víz stb. esetén. Csökkenti a légkör és a topográfia hatásokat.
RVI (IDRISI) Ratio Vegetation Index, Egyszerű vegetációs index	$\text{RVI (IDRISI)} = \frac{\text{RED}}{\text{NIR}}$	Fordítottan jelenik meg a grafikus és a számított értéke is a RATIO VI-hez képest. A vizuális interpretációt segíti elő.

Vizsgálataim során az 5. táblázatban ismertetett időpontokban készített műholdfelvételek esetében elvégeztem a három vegetációs index számítását, majd az IDRISI program GIS Analysis – Mathematical Operators – Image Calculator funkciójának segítségével átlagképeket készítettem. Az átlagképek értékelésekor vizuális interpretációt végeztem, mely során a legfontosabb szempont volt a terület gyakorlati ismerete alapján a heterogén területek közötti minél élesebb szín- és kontúrkülönbségek megjelenítése.

Az átlagképek értékelése során a kívánt kritériumnak legjobban az őszi búza vegetációs időszakának négy különböző időpontban készített (2018.02.24-05.30.) műholdfelvételének Standard Vegetációs Index (RATIO) átlagképe felelt meg.



21. ábra: A C5 tábláról készített RATIO átlagkép

3.4 A mintaterülethez kapcsolódó talajvizsgálati módszer bemutatása

A szaktanácsadáshoz kapcsolódó talajvizsgálati módszer kialakításának alapja a több évre visszamenőleg, az adott évben termesztett növényállományról vegetációs időben távérzékeléssel készített multispektrális felvételek. A felvételek elemzése után készített táblaszintű heterogenitástérképek alapján 3-5 ha nagyságú talajmintavételi zónákat alakítanak ki, melyekből egyenként kb. 18-20 mintavételi pontból vett talajminták átlagából készül egy, az adott zónára jellemző talajminta. A kialakított zónákon belül a talajmintavételi pontok helyének meghatározása egy előre eltervezett útvonal alapján történik, a mintavételi pontok pontos helyét (koordinátáit) a mintavevő járműre szerelt Starfire 3000 típusú antenna rögzíti.



22. ábra: A C5 parcella talajmintavételi zónái és a bejárési útvonal

A kijelölt menedzsmint zónákból származó talajmintákat akkreditált laborba szállítják, ahol a talaj fizikai paramétere (kötöttség) mellett makro-, mezo- és mikroelemek ellátottsági szintjének meghatározására kerül sor. A laborvizsgálati eredmények alapján készítik el tápelemenként az elemeloszlási térképeket.

3.4.1. A talajmintavétel eszközei



23. ábra: A mintavevő járműre telepíthető N2005 típusú talajmintavevő berendezés
(Forrás: <https://www.kite.hu/tudastar/fokuszban-a-noveny-igenye/158>)

A konkrét talajmintavételt egy a hordozó jármű rakodófelületére szerelt N2005 típusú fúró rendszerű talajminta vevő berendezés végzi.

Az eszköz lehetővé teszi, hogy nagy pontossággal és a szabvány által előírt gyakorisággal (18-20 leszúrással mintánként) történjen meg a szántóföldi mintavétel. Kellő gyakorlattal

egy 3 hektáros területről kb. 15 perc alatt összegyűjthető (30 cm mélységből) a reprezentatív talajminta. 30 cm-ig 5 cm-es fokozatokkal állítható a mintavételi mélység. Az N2005 berendezést egy hidraulikus aggregát hajtja. 6,5 LE-s Honda motor működteti az olajszivattyút. Minden egyes leszúrás után a fúrót körülvevő gyűjtőtartályba kerül a talajminta.

Az egész művelet a gépkocsiból vezérelhető és ellenőrizhető. A kezelő panelen TWIN számláló található, amely rögzíti az összes lefűrés számát és az aktuális mintavétel lefűrésainak számát is.

Az eszköz lehetővé teszi a gyors, pontos, a megbízó által mindenkor ellenőrizhető szántóföldi talajmintavételt.

3.4.2 A talajminta laboratóriumi vizsgálata

A talajmintavételt követően a mintákat egy a talajvizsgálatra szakosodott laboratóriumba szállítják ahol a bővített, 14 paraméteres (pH KCl, KA, vízben oldható összes só, humusz, mésztartalom, AL oldható: P₂O₅, K₂O, n KCl oldható: (NO₃–+NO₂–)-N, AL oldható: Na; KCl oldható: Mg, SO₄²⁻-S; EDTA oldható: Mn, Zn, Cu) talajvizsgálatot végzik el. A laborvizsgálatot követően részletes jegyzőkönyv készül az eredményekről, a kapott eredmények képezik a differenciált tápanyagkijuttatási terv alapját.

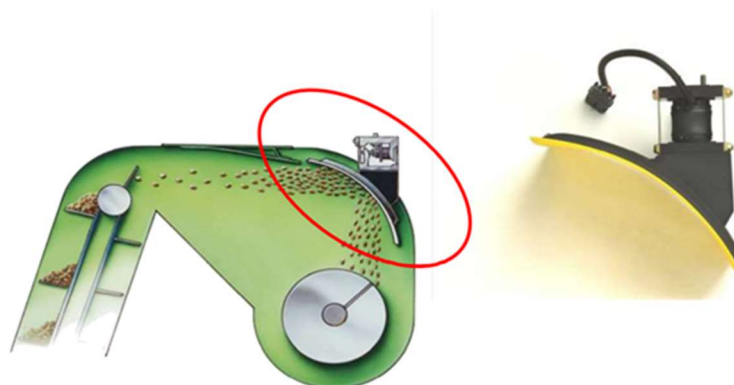
3.5 A hozamtérkép készítése

A hozamtérkép a precíziós adatgyűjtés eredménye, amely egyben az egyik legfontosabb adat a gazdálkodás szempontjából. Ez indokolja, hogy betakarítás közben kiemelt figyelmet kell fordítani az adatok megbízhatóságára, és a térképek létrehozásához használt eljárások helyes alkalmazására. Az általam is használt John Deere S690 típusú kombájnjaiban a John Deere a Harvest Monitor és Harvest Doc hozam és nedvesség mérő valamint hozamtérképező rendszert alkalmazza, mely rendszerek alapján készült el a betakarított őszi búza hozamtérképe.

A rendszer tartalmazza az anyagárammérőt, a nedvességmérőt és az adatok kijelzésére szolgáló kijelzőt.

3.5.1 A hozamtérképezés módszere és értékelésének sajátosságai

Az anyagárammérő a magfelhordó tetején található. Működési elve, hogy a magfelhordó lapátjáról távozó magok nekiütődnek egy ütközőlapnak, amely az ütköző magok mennyiségétől függően elmozdul. Az elmozdulás mértéke arányos az anyagárammal, így az adott terményre megfelelően kalibrálva a haladási sebesség és a vágóasztalméret ismeretében dokumentálható hozammérési eredmény.



24. ábra: Ütközőlapos anyagáram mérő működése (forrás: Hozammérési technológiák a John Deere betakarítógépeken, Hajmásy Gyula, 2019.)

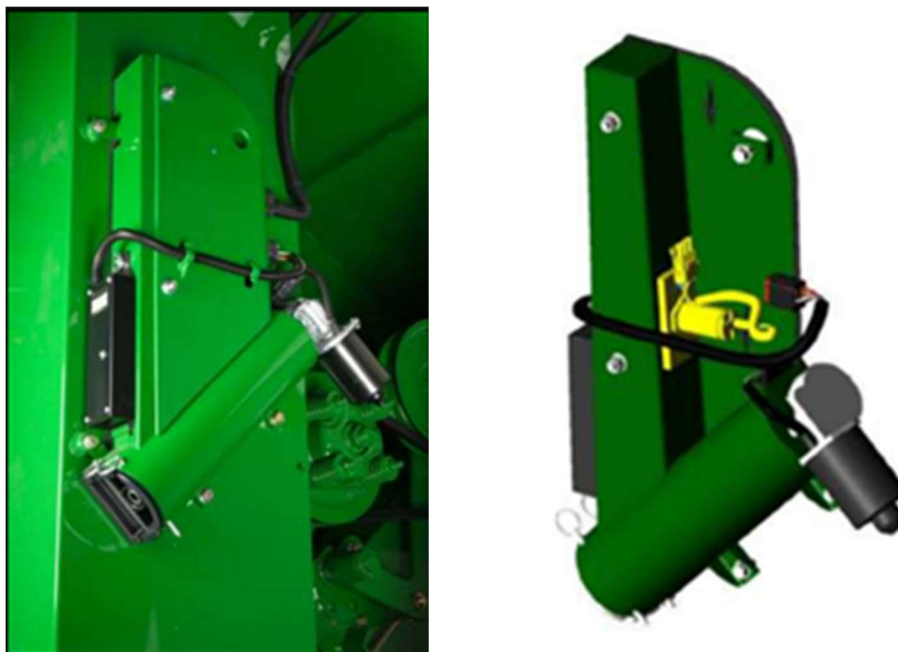
A legújabb fejlesztéseknek köszönhetően a sokszor hosszadalmas kalibrációs eljárás is mellőzhető a John Deere Active Yield tartálmérőcellás hozammérő rendszerével. Hozammérő szenzor méri a folyamatos anyagáramot, az Active Yield cellák folyamatosan pontosítják a hozammérést, így a támogatott növényeknél folyamatosan finomítja a hozam kalibrációs értékeket.



25. ábra: A Harvest Monitor hozamtérképező rendszer mérőegységei (forrás: Hozammérési technológiák a John Deere betakarítógépeken, Hajmásy Gyula, 2019.)

Ugyanakkor nagyon fontos, hogy betakarítás közben rendszeresen ellenőrizzük az ütközőlap felületét és az esetleges szennyeződéseket távolítsuk el, mert elszennyeződött ütközőlappal hibás eredményeket dokumentálhatunk.

A nedvességmérő a magfelhordó oldalán helyezkedik el. Az erre a célra kialakított henger alakú tartály gyűjti a magfelhordóban áramló terményből a méréshez szükséges mennyiséget, melynek megfelelő mennyiségét egy telítődés érzékelő szenzor végzi. A tartály telítődésekor a nedvességmérő elektromos vezetőképesség mérést végez a tartályban lévő terményből, majd a mérés végeztével egy elektromotor meghajtású csiga kiüríti a vizsgált terményt a tartályból és a mérés kezdődik előről. Az elektromos vezetőképesség függ a vizsgált termény nedvességtartalmától, így a vizsgált termény nedvességtartalma megfelelő kalibrációt követően meghatározható. A kombájn számítógépében az adat koordinátákhoz kapcsolva tárolásra kerül, dokumentálható és felhasználható a táblán belüli betakarításkori szemnedvesség monitoringozására. A vizsgálat szakaszos, függ a magfelhordóban lévő anyagáramtól. A nedvességmérő egység esetében is nagyon fontos a rendszeres karbantartás.



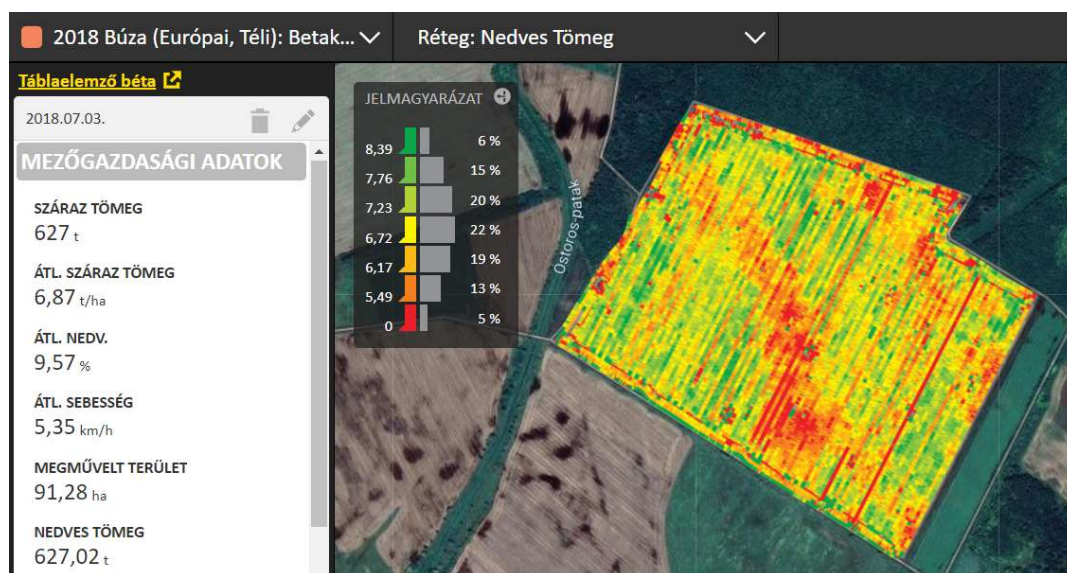
26. ábra: Nedvességmérő egység
(forrás: Hozammérési technológiák a John Deere betakarítógépeken,
Hajmásy Gyula, 2019.)

Az általuk mért értékek együtt a vágóasztal szélességgel és a haladási sebességgel lehetővé teszik pontos hozamadatok kiszámítását és kijelzését.

A Harvest Doc alkalmazás pedig a kapott hozam és nedvesség értékeket a StarFire antenna segítségével koordinátákhoz rögzíti, mellyel megvalósul az adatok térbeli ábrázolása.

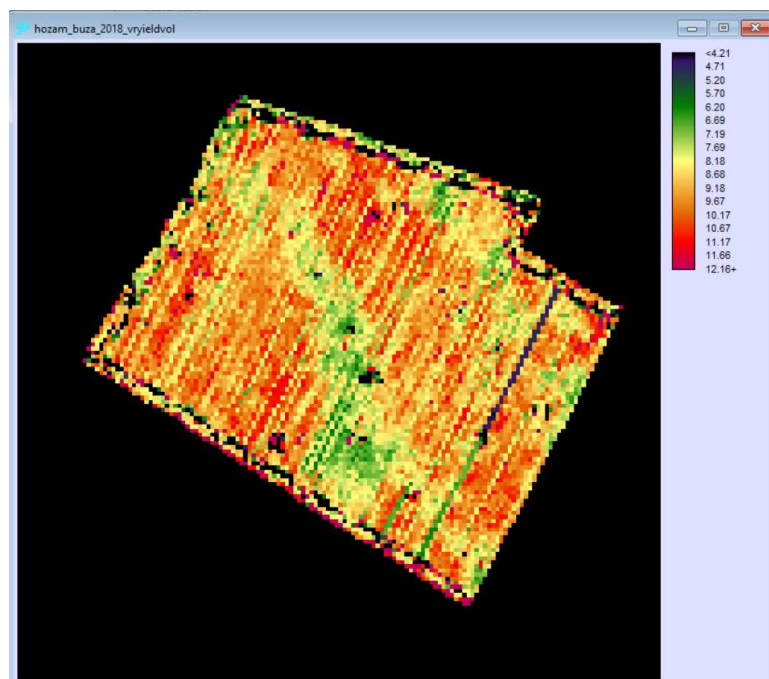
3.5.2 A kapott hozamtérkép eredményeinek feldolgozása

A kombájn hozam- és nedvességmérő szenzorjai által gyűjtött adatokat a kombájn John Deere GreenStar (GS) 2630 fedélzeti számítógépe rögzíti és dolgozza fel. A számítógép a JD Link alkalmazáson keresztül továbbítja az adatokat egy külső szerverre, melyről a felhasználó gazdálkodók a John Deere MyOperation internetes felületen keresztül tudják megtekinteni és elemezni a betakarításhoz kapcsolódó adatokat. A felületen elérhető a betakarított termény száraz- és nedveshozam, a nedvességtartalom és a kombájn betakarítási sebesség térképe. A GS2630 monitor által gyűjtött adatok külső adathordozóra is exportálhatók, ezáltal feldolgozhatók olyan térinformatikai szoftverekben, mint az általam is használt IDRISI Selva vagy az eCognition Developer.



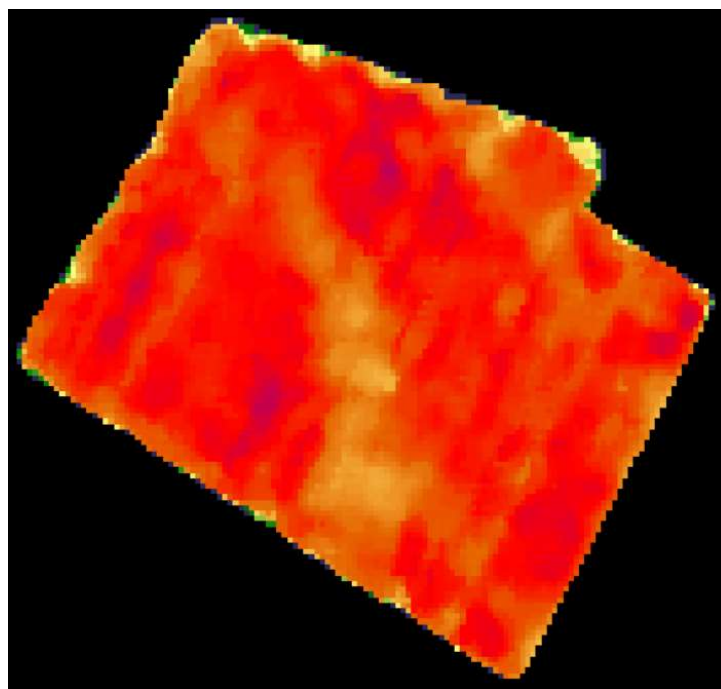
27. ábra: A C5 tábla búza nedveshozam térképe

A GS2630 monitorból ESRI Shape formátumban exportált adatokat az IDRISI Selva szoftverbe az előzőekben már ismertetett módon vektoros formátumban importálva jelenítettem meg.



28. ábra: A C5 tábla hozamtérképe az IDRISI Selva szoftverben megjelenítve

A rendelkezésre álló 2018.évi hozamtérkép átlagolását és hibaszűrését követően az alábbi hozamtérképet kaptam:



29.ábra: A C5 tábla 2018.év hozamtérképe

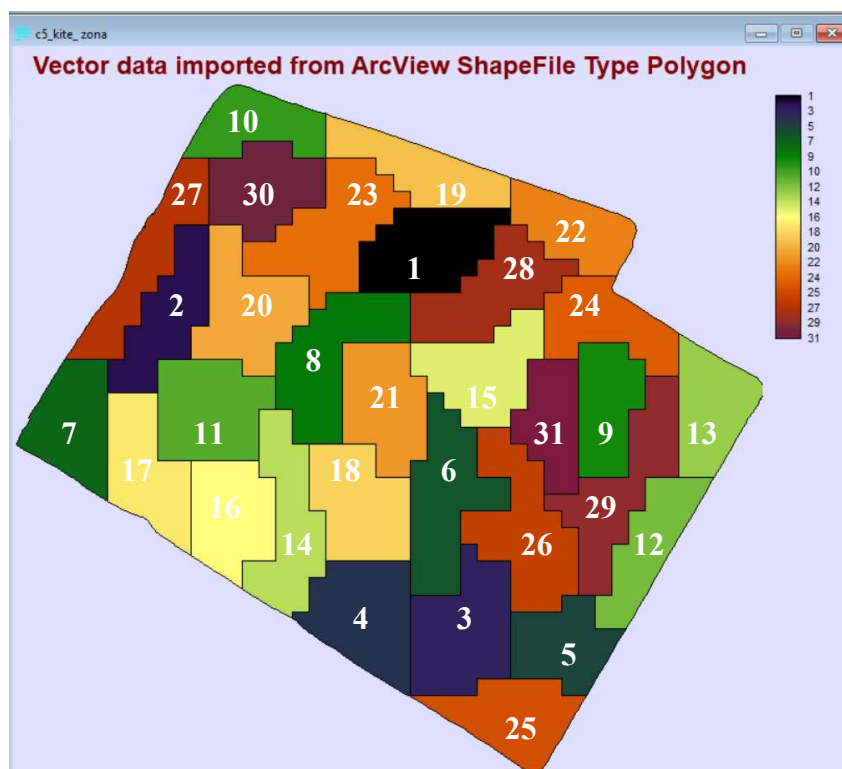
3.6 A szaktanácsadás keretében kapott tápanyag-utánpótlási javaslat bemutatása

A szaktanácsadás talán legfontosabb része a megfelelő méretű és azonos vagy nagyon hasonló (homogén) terméspotenciált mutató területek lehatárolása, termelési zónák kialakítása, melyet a szaktanácsadó előzetesen hosszú idősoros, minimum 4 év spektrális műholdfelvételeinek az általa kidolgozott módszerrel történő elemzésével alkotott meg.

3.6.1 A táblán belüli heterogenitás térképezésének módszere

A szaktanácsadásban felhasznált távérzékelte adatok a LANDSAT-7 műhold multispektrális 30m-es terepi felbontású digitális felvételei alapján kerültek elemzésre, valamint a képek előfeldolgozása során a terület zónáinak pontosabb lehatárolásához lejtkörrekciót alkalmaztak.

A szaktanácsadás során a C5 tábla zónáinak kialakítását az ArcGIS szoftverrel végezték, melyet shape állományként mentett formában bocsájtotta rendelkezésemre a szaktanácsadó. A shape állományt az IDRISI szoftverben kezelhető formátummá szükséges alakítani, melyet az IDRISI szoftver Import – Software-Specific Formats – ESRI Formats – SHAPEIDR funkciójával alakítottam a program által kezelhető állománnyá.



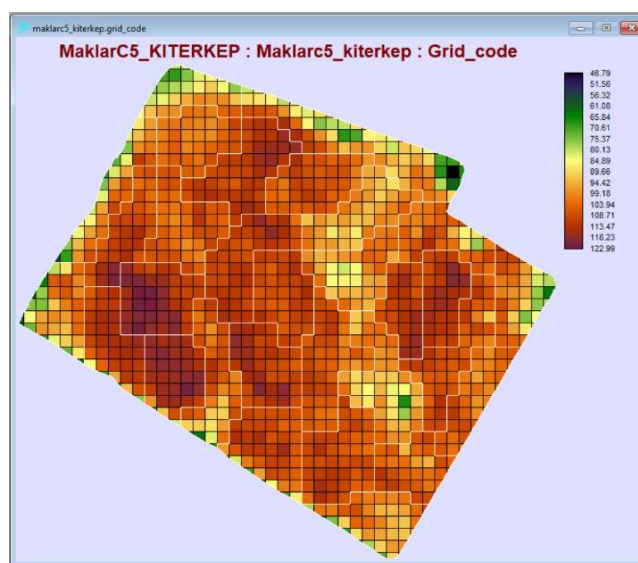
30. ábra: A szaktanácsadás keretében a mintaterületről készített zónatérkép

3.6.2 A kijuttatási térkép kialakítása és bemutatása

A szaktanácsadás alapvető célja volt a vizsgált terület heterogén termőképességű zónáinak lehatárolása, az ezekre a zónákra jellemző elvárható hozam meghatározása és a tápanyagkijuttatási terv kidolgozása.

A termőképesség meghatározásához a szaktanácsadás során a szaktanácsolt évet megelőző 4 év multispektrális műholdfelvételeit, a talajvizsgálati eredményeket használták fel, hiszen ekkor még nem állt rendelkezésre hozamtérkép.

A tápanyagkijuttatási terv kidolgozása során meghatároztunk egy gyakorlati tapasztalatlan alapuló a terület termőképességétől elvárható hozamszintet (7t/ha), melyet a szaktanácsadó az elkészített termőképességi térkép alapján sorolt a terület különböző zónáihoz, annak jellegéből adódóan pozitív illetve negatív irányba módosítva. A termőképességi zónák kialakítása során a LANDSAT-7 műhold által készített 30x30m nagyságú pixelek szolgáltatják az alapot, mely a mintaterület esetében 1109 pixelt eredményezett. Az átlagos termőképességű pixelt 100%-nak értékelve, az annál jobb termőképességű pixel 100%-nál magasabb értéket, az annál rosszabb termőképességű pixel 100%-nál kisebb értéket kapott, mely értékek a 1. mellékletben láthatóak. A szaktanácsadó által meghatározott mértékben összetartozó termőképességet mutató pixelek alkotnak egy zónát. A zónák kialakításánál továbbá figyelembevételre került a talajvizsgálathoz szükséges 3ha-os területméret is.



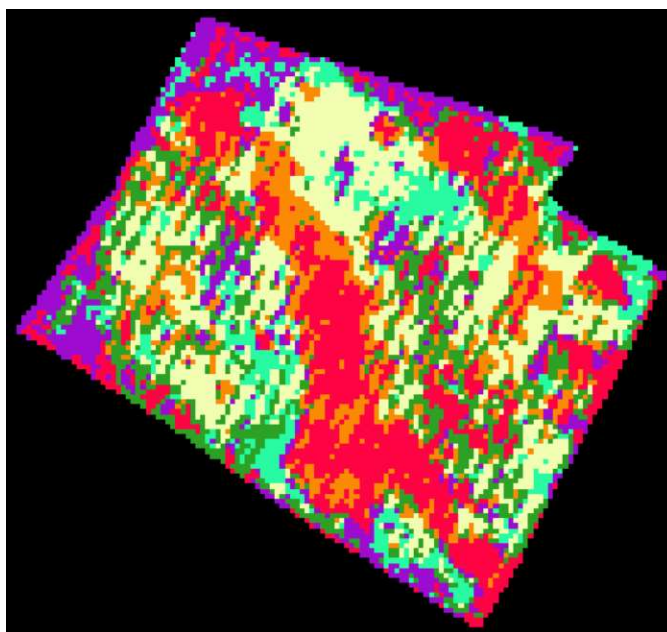
31. ábra: A mintaterületről készített termőképességi térkép

A tápanyagkijuttatási terv során a meghatároztuk a megállapított potenciális hozamszinthez szükséges makrotápanyagok (NPK) mennyiségét, melyhez figyelembe vettük a talajvizsgálat során megállapított talajban jelenlévő tápanyag mennyiségét. A szaktanácsadás alapján a mintaterületen foszfor és nitrogén tápanyagutánpótlás vált szükségessé, melyet 2017.10.17-18-án végeztünk zónánként differenciált tápanyagkijuttatás formájában. A foszfor hatóanyag pótlására kijuttatott termék MAP (N12%-P52%) továbbá a nitrogén pótlására Pétisó (N27%) műtrágya került zónánként differenciált módon kijuttatásra a 1. melléklet szerint.

IV. EREDMÉNYEK

4.1 A táblán belüli heterogenitást mutató térképek összehasonlító értékelése

Saját vizsgálataimban a C5 tábláról a vegetációs időszak alatt négy időpontban letöltött multispektrális műholdfelvételek elemzése alapján készített Standard Vegetációs Index átlagkép alapján végeztem el a táblán belüli heterogén zónák elkülönítését. Az osztályozáshoz az IDRISI Selva szoftver automatikus osztályozás eljárását használtam. Az osztályozás során 6 különböző termőképességű kategóriát határoztam meg.



32.ábra: A C5 tábla RATIO index átlagképe

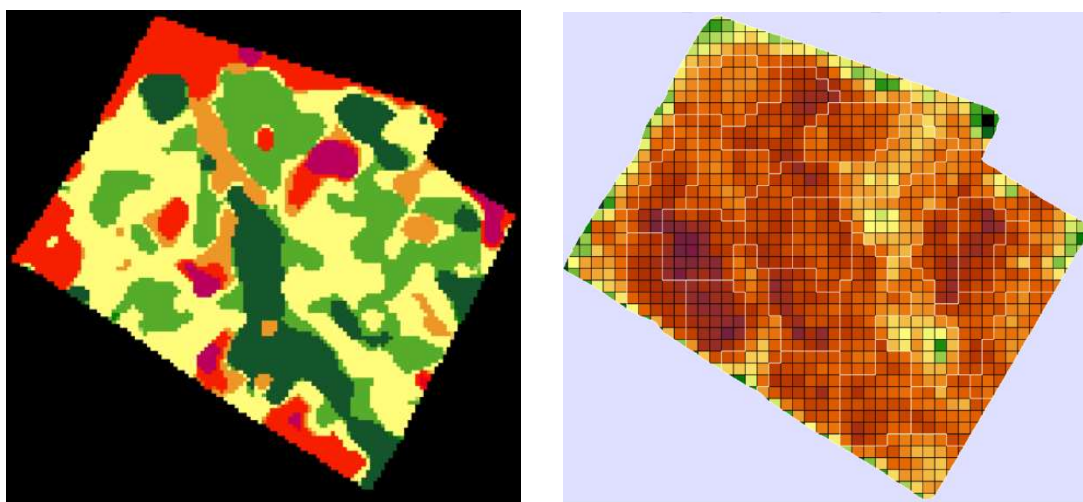
A heterogén zónák ésszerű kialakításához az IDRISI Selva szoftver FILTER funkcióját használtam, melynek alkalmazását követően a 33.ábrán látható heterogenitás térképet kaptam. A két térképet egymás mellett elhelyezve mutatja a 33. ábra. A bal oldali térképen láthatóak az általam kapott zónák színekkel jól elkülönítve, a jobboldali térkép a szaktanácsadás keretében kapott zónákat mutatja fehér színű vonallal körül határolva. Jól látható, hogy a zónák alakja és mérete jelentősen különbözik. Ennek oka, hogy a szaktanácsadás figyelembe vette a talajvizsgálati eredményeket is, melynek eredménye befolyással van a termőképességi zónák kialakításakor a tápanyagkijuttatás tervezésére. A

zónák mérete pedig úgy került meghatározásra, hogy az eredmény az AKG program 3has-os talajmintavételezési követelményének is megfelelhessen.

A saját térképen a leggyengébb zónák piros színnel, majd a termőképesség javulásával azok sorrendje a következő: lila, sötétzöld, barna, világoszöld és a legjobb termőképességű zónák sárga színnel láthatóak.

A szaktanácsadás keretében kapott térképen a leggyengébb termőképességű területek zöld színűek, majd a termőképesség javulásával azok sorrendje a következő: sárga, világosbarna, sötét barna és a legjobb termőképességű területek mély barna színnel láthatóak. Jól látható, hogy a zónák kialakításának előzőekben ismertetett okai miatt egy-egy zónán belül van különböző színezetű terület is. A tápanyakijuttatás ésszerű tervezése indokolja a hasonló minőségű területek együttes kezelését, hiszen a túlzóan aprólékos zónakialakítás nem cél a kijuttatás gyakorlati megvalósításának technológiai korlátai miatt.

Összességében megállapítható, hogy a heterogenitás térképezésének eredményeként kapott heterogenitást mutató térképek mind a saját, mind a szaktanácsadás keretében alkalmazott módszerekkel jól mutatják a táblán belüli termőképesség eltéréseit.

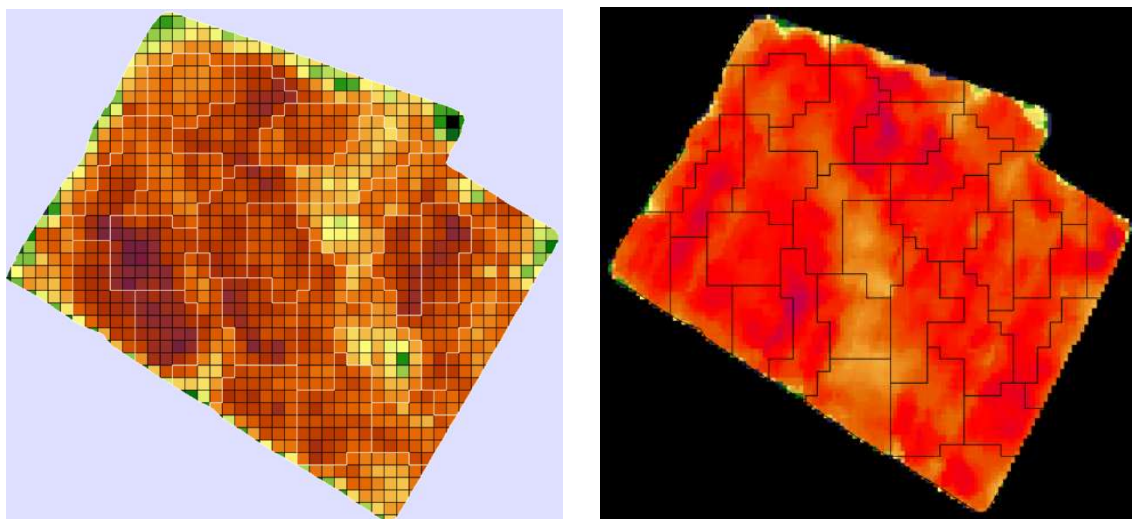


32.ábra: A C5 tábla saját és a szaktanácsadás keretében kapott heterogenitást mutató térképei

4.2 Műholdas adatok feldolgozása alapján készített heterogenitást mutató és a hozam térkép összehasonlítása

A kombájn által a 2018.évi aratási szezonban gyűjtött hozam adatok szoftveres hibajavításának, szűrésének eredményeként a 34.ábra jobb oldalán látható hozamtérképet kaptam a C5 tábláról.

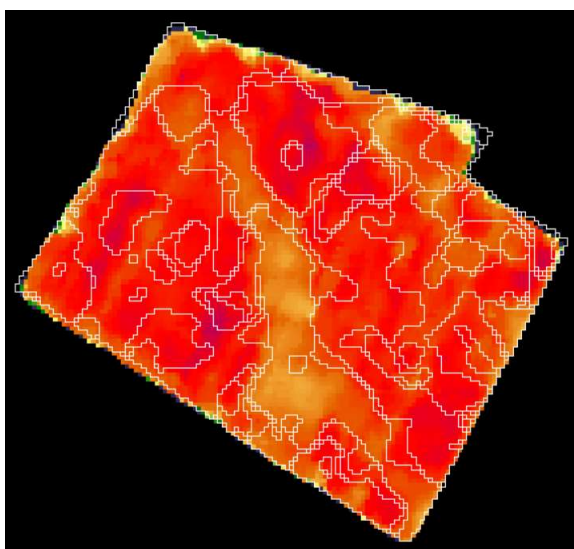
A leggyengébb hozamú területek zöld színnel kerültek jelölésre, majd a hozam mennyiségének növekedésével sorrendben: a sárga, a piros, végül a barna világostól mély árnyalatai felé haladva. A leggyengébb hozamú területek 1t/ha, míg a legnagyobb hozamú területek 10t/ha termést mutatva. A csapadékos tavasz hatására a tábla egészen egy viszonylag homogén növényállomány alakult ki, így bár látszólag nagy a különbség a hozam adatokban, a tábla legnagyobb részén az átlaghoz (7.02t/ha) közeli termés realizálódott. A leggyengébb hozamú területek a tábla forgóján helyezkednek el, amely nincs összefüggésben a terület termőképességével. A táblán keresztben, szinte átlósan észak-dél irányban elhelyezkedő lehordott terület mutat gyengébb termőképességet, a többi terület zónái között csak árnyalatnyi különbségek mutatkoznak.



34.ábra: A C5 tábla termőképességi és 2018.évi hozamtérképe

A tábláról készült termőképességi térkép több éves vizsgálat eredményeinek összességéből került kialakításra, míg a hozamtérkép mindössze egy év hozamadatait tartalmazza, mely szintén okoz eltéréseket.

A saját vizsgálatok alapján készített heterogenitás térkép vektoros állományát ráillesztve a hozamtérképre (35.ábra) sokkal jobban láthatóvá válnak a 2018.év hozam és termőképesség közötti összefüggései, hiszen a heterogenitást mutató térkép csak az adott 2018.év műholdfelvételeinek adatait tartalmazza.



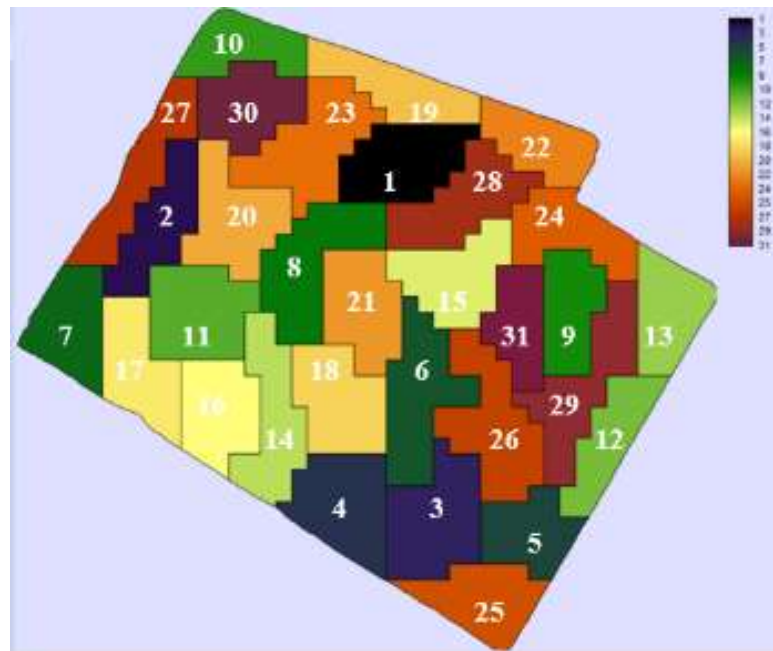
35.ábra: A C5 tábla hozamtérképe és a saját vizsgálatok alapján készített heterogenitás térkép vektoros ábrázolása

Megállapítható, hogy a saját vizsgálataim alapján készített heterogenitást mutató térkép nagyobb összefüggést mutat a 2018.évi hozam adatok alapján készített hozamtérképpel, azonban annak aprólékossága és összesen egy szezon műholdfelvételeinek elemzése alapján még nem alkalmas a megfelelő tápanyagkijuttatási terv elkészítésére.

4.3 A tápanyagkijuttatási javaslat elemzése

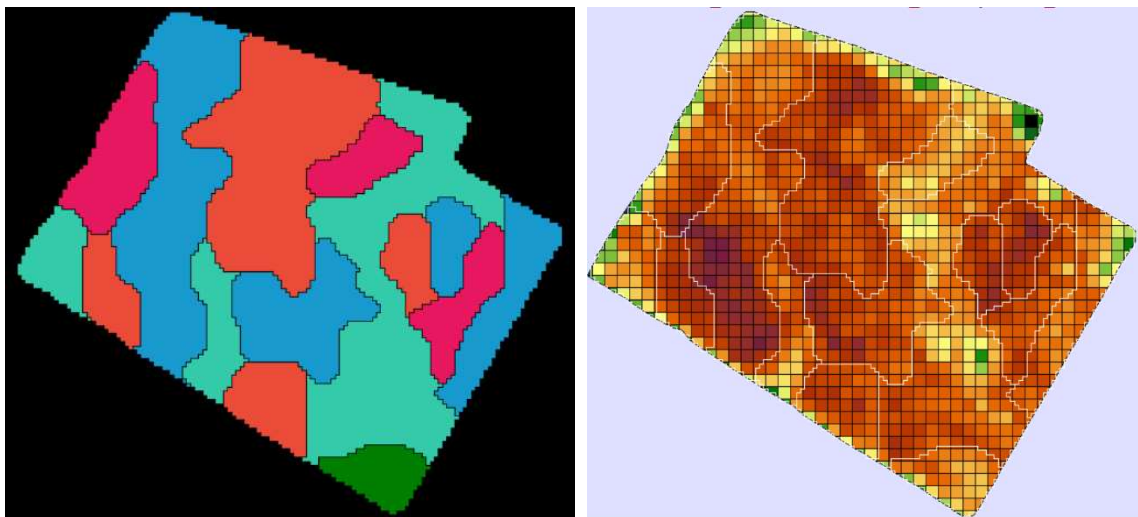
A vállalkozás által igénybe vett precíziós növénytermesztési szaktanácsadás keretén belül differenciált foszfor tápanyagkijuttatásra került sor. A tápanyagkijuttatás tervezésének alapjául a szaktanácsadás keretében készült termőképességi térkép szolgált, mely az előzőekben már ismertetett adatok felhasználásával készült.

Az egyes termőképességi zónákhoz tartozó, zónánként differenciáltan kijuttatott foszfor tartalmú műtrágya (MAP-N12%+P52%) mennyiségeket a 1. melléklet tartalmazza. A gyakorlati szempontokat figyelembe véve öt különböző mennyiség kategóriát hoztam létre a zónákhoz kapcsolódóan.



36.ábra: A C5 tábla zóna azonosítói

Ez alapján a 37. ábrán látható kijuttatási térkép készült, melyet a termőképességi térképen is megjelenítettem vektoros formában. A differenciáltan kijuttatott műtrágya mennyiségi adatait a 7. számú táblázat tartalmazza.

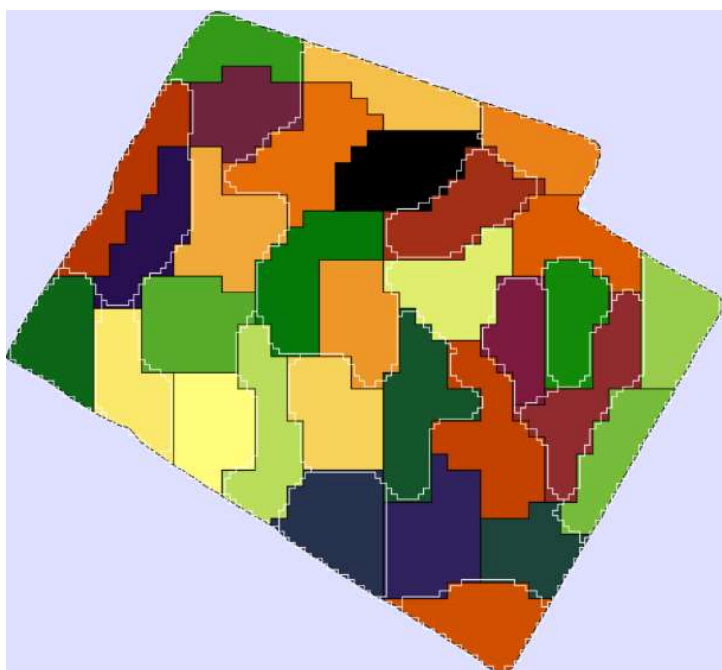


37.ábra: A C5 tábla differenciált foszfor műtrágya kijuttatási térképe

7. táblázat: A differenciáltan kijuttatott foszfor műtrágya mennyiségi adatai

KIJUTTATOTT MAP MENNYISÉG (kg/ha)	ZÓNA SZÍNE	ZÓNA SORSZÁMA
0-90	sötét kék	6, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 20, 30
90-100	világos kék	3, 5, 7, 14, 15, 22, 24, 26
100-110	narancssárga	1, 4, 8, 17, 19, 21, 23, 31
110-120	rózsaszín	2, 27, 28, 29
120-150	zöld	25

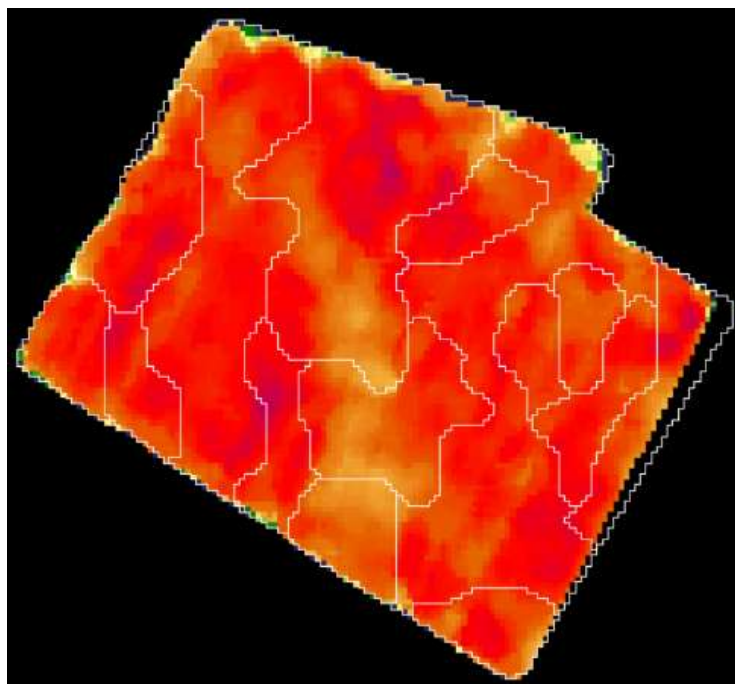
A termőképességi térképre illesztve a kijuttatási térképet egyből szembetűnik, hogy a két térkép szorosan összefügg. Mint ahogy az is, hogy az azonos színezetű és dózisú zónák között is vannak azért kisebb különbségek. Ennek oka az öt mennyiségi kategória megjelenítése, nem pedig a pontos, zónánkénti mennyiségek. A gyakorlati kijuttatás során a mennyiségi kategória felső határérték mennyiségét alkalmaztuk.



38.ábra: A tápanyagkijuttatás differenciált mennyiségi kategóriák szerinti zónacsoportosítása

A foszfor tápanyag kijuttatásának a hozam mennyiségére gyakorolt hatását vizsgálva, rögtön szembetűnik, hogy a foszfor csak közvetett hatása van a termés mennyiségére. A kijuttatás zónacsoportjaim belül egyaránt megtalálhatóak gyengébb és erősebb hozamot mutató területek.

Megállapítható, hogy a foszfor hatóanyag kijuttatására készített kijuttatási terv szorosan összefügg a termőképességi térkép adataival. Azonban az is látványos, hogy a kijuttatott mennyiségek meghatározásakor fontos szempont volt a talajvizsgálati eredmények felhasználása, viszont a termés mennyiségében ez nem volt meghatározó tényező.



39.ábra: A C5 tábla 2018.évi hozamtérképe és a differenciált tápanyagkijuttatás zónakategóriái

4.4 A differenciált tápanyagkijuttatás gazdasági hatásának bemutatása

A precíziós technológiák alkalmazásától sok esetben túlzó gazdasági előnyt remélnek a technológia alkalmazói. A legtöbb esetben azonban a gazdasági előny csak apró lépésekben, a precíziós megoldásoknak a termesztés-technológia minél több részletében történő alkalmazása esetén valósul meg. A várható előnyök a következők lehetnek: a termelési költségek csökkenése, a hatékonyság növelése, a fenntarthatóság növekedése.

Dolgozatomban az őszi búza tápanyagutánpótlás őszi alaptrágyázásának helyspecifikus tápanyagkijuttatás hatását vizsgáltam a termés mennyiségére. Az alaptrágyázás a termelési költségek mintegy 10-15%-át teszik ki, ennek megfelelően kell értékelni a várható megtakarítás mértékét is.

A korábbi évek tapasztalatából kiindulva a C5 tábla 2018. évi őszi búza termés tervezésekor 9t/ha termés betakarításával terveztünk. Ennek megfelelően összesen 225kg/ha N és 80kg/ha P hatóanyag kijuttatását terveztünk be a termesztéstechnológiába. K hatóanyagot kijuttatását nem láttuk indokoltnak a talaj megfelelő kálium ellátottsága miatt. Az összes tápanyag mennyiségéből a foszfor hatóanyag teljes mennyiségét, míg a nitrogén hatóanyag 25%-át (55kg/ha) terveztük az őszi alaptrágyázás keretében kijuttatni. Ennek megfelelően MAP 12-52% műtrágyából 150kg/ha, míg Pétisó (N27%) műtrágyából 115kg/ha kijuttatása volt a terv.

A szaktanácsadás keretében kapott tápanyagkijuttatási terv, mely a talajvizsgálati eredmények és a termőképességi zónák alapján határozta meg a szükséges tápanyag mennyiségét, ezeket az értékeket csak a legjobb termőképességű zónákba javasolta kijuttatni. Így ezek az értékek lettek a maximum dózisosok, a többi zónába pedig a vizsgálati eredmények alapján meghatározott mennyiségek kerültek kijuttatásra.

8. táblázat: A tervezett és differenciáltan kijuttatott őszi alaptrágyázás műtrágyaköltsége

műtrágya típusa	tervezett kijuttatás	differenciált kijuttatás
MAP	150kg/ha	átlag 72,46kg/ha
N27%	115kg/ha	átlag 85,77kg/ha
költség:	33 025 Ft/ha	18 530 Ft/ha

A betakarítást követően a 9t/ha hozam tervezése túlzónak bizonyult, hiszen a Kft. üzemi átlaga 6,64t/ha lett. A C5 tábla átlaga 7,02t/ha lett, mely jobb, mint az üzemi átlag. A kapott terméseredmények alapján a kijuttatott tápanyagok mennyisége elegendő volt a lehető legjobb termés eléréséhez a 2017-18. termelési év időjárási viszonyai között. 2017. évi árral számolva a MAP műtrágya ára 155Ft/kg, a Pétisó műtrágya ára 85Ft/kg volt. A szaktanácsadás alapján ennek megfelelően 14.495 Ft műtrágyaköltséget takarítottunk meg hektáronként, amely táblaszinten 1.314.842 Ft megtakarítást jelentett.

V. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Dolgozatomban a saját gazdaságunkban már megvalósított precíziós növénytermesztési szaktanácsadás adatfeldolgozási módszerét hasonlítottam össze az általam alkalmazott módszerrel, elemeztem a kapott eredményeket és vizsgáltam egy adott parcellán végzett differenciált tápanyagkijuttatás gazdaságosságát és hatását a termés mennyiségére.

A táblán belüli heterogenitás térképezésének eredményeként kapott heterogenitást mutató térképek mind a saját, mind a szaktanácsadás keretében alkalmazott módszerekkel jól mutatják a táblán belüli termőképesség eltéréseit.

Mivel a szaktanácsadás adatfeldvételezése a hosszú idősoros műholdfelvételek elemzése mellett még a talajvizsgálat eredményeire is támaszkodik így a termőképességi zónák kialakításában mutat különbségeket az általam alkalmazott egy termelési szezonban négy alkalommal készített műholdfelvételek feldolgozása során kapott zónatérképpel. Véleményem szerint azonban a tápanyagkijuttatás tervezésekor fontos, hogy a nagyobb termésbiztonság elérésének érdekében több termelési év sajátosságait figyelembe vevő adatok alapján végezzük a zónák kialakítását. A zónák kialakítását pedig érdemes 4-5 évente felülvizsgálni.

A saját vizsgálatok alapján készített heterogenitást mutató térkép nagyobb összefüggést mutat a 2018.év hozamtérképével, ami azzal indokolható, hogy a heterogenitási térkép csak az adott év műholdfelvételeinek adatait tartalmazza. Így az évjárat hatása sokkal jobban megjelenik a saját térképen és a hozamban egyaránt, mint a több éves átlag alapján készített szaktanácsadás keretében készített térképen.

Véleményem szerint azonban a saját térkép aprólékossága és az egy szezon műholdfelvételeinek elemzéséből kapott adatok tartalma nem elegendő a megfelelő tápanyagkijuttatási terv elkészítéséhez.

A vállalkozásunk által igénybe vett szaktanácsadás keretén belül differenciált foszfor tápanyagkijuttatásra került sor. A tápanyagkijuttatás tervezésének alapjául a szaktanácsadás keretében készült termőképességi térkép szolgált.

A termőképességi térképre illesztve a kijuttatásai térképet észrevehető, hogy a két térkép szorosan összefügg.

A foszfor tápanyag mennyiségének a hozamra gyakorolt hatását vizsgálva rögtön szembetűnik, hogy a foszfornak csak közvetett hatása van a termés mennyiségére. Látványos, hogy a kijuttatott mennyiségek meghatározásakor fontos szempont volt a talajvizsgálati eredmények felhasználása, viszont a termés mennyiségében ez nem volt meghatározó tényező.

Végül az őszi alaptrágyázás helyspecifikus tápanyagkijuttatásának a termelés gazdaságosságára való hatását vizsgáltam. Az alaptrágyázás a termelési költségek mintegy 10-15%-át teszi ki, ennek megfelelően kell értékelni a várható megtakarítás mértékét is.

A szaktanácsadás alapján a termelési költség csökkenése volt kimutatható, melynek megfelelően 14.495 Ft műtrágyaköltséget takarítottunk meg hektáronként, amely táblaszinten 1.314.842 Ft megtakarítást jelentett.

VI. ÖSSZEFOGLALÁS

A precíziós növénytermesztéshez szükséges technológia kialakulása és fejlődése már több mint 30 éves múltra tekint vissza, azonban a gazdálkodási gyakorlatban való elterjedése csak lassan valósul meg. A felmerült akadályok leküzdésének elősegítésére a precíziós növénytermesztést támogató szaktanácsadói rendszerek jöttek létre.

A szaktanácsadás alapját a távérzékelésből, hozammérésből, talajmintavételezésből származó adatok képezik, azonban a legfontosabb ezek értelmezése, átgondolása és a gazdálkodás számára hasznot hozó vagy költséget megtakarító információvá alakítása.

Dolgozatomban a precíziós gazdálkodási szakmérnök képzés keretein belül elsajátított tudás alapján elemzem a gazdaságunkban már megvalósított szaktanácsadás adatfeldolgozási módszerét, összehasonlítom az általam használt módszerrel és vizsgálom egy adott parcellán végzett differenciált tápanyagkijuttatás hatását.

A dolgozatban bemutatott őszi búza állományról gyűjtött többsávos műholdfelvételek kiválasztása főként a tápanyagutánpótlásokhoz kapcsolódó vegetációs időpontokban történtek. A C5 jelű mintaterületről készített felvételeken az osztályozás alapját a vegetációra jellemző spektrális tulajdonságok jelentik. A további képfeldolgozás az IDRISI Selva térinformatikai szoftverrel történt.

A vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy a tápanyagkijuttatás tervezésekor fontos, hogy a nagyobb termésbiztonság elérésének érdekében több termelési év sajátosságait figyelembe vevő adatok alapján végezzük a zónák kialakítását. A zónák kialakítását pedig érdemes 4-5 évente felülvizsgálni.

Az évjárat hatását figyelve az sokkal jobban megjelenik a saját térképen és a hozamban egyaránt, mint a több éves átlag alapján szaktanácsadás keretében készített térképen. Véleményem szerint azonban a saját térkép aprólékossága és az egy szezon műholdfelvételeinek elemzéséből kapott adatok tartalma nem elegendő a megfelelő tápanyagkijuttatási terv elkészítéséhez.

Végül az őszi alaptrágyázás helyspecifikus tápanyagkijuttatásának a termelés gazdaságosságára való hatását vizsgáltam. Az a laptrágyázás a termelési költségek mintegy 10-15%-át teszi ki, ennek megfelelően kell értékelni a várható megtakarítás mértékét is. A szaktanácsadás alapján a termelési költség csökkenése volt kimutatható.

SUMMARY

The emergence and development of the technology required for precision crop production dates back more than 30 years, but its spread in farming practice is slow. To help overcome the obstacles that have arisen, expert advisory systems have been set up to support precision crop production.

The basis of the expert advice is the data from remote sensing, yield measurement and soil sampling, but the most important thing is to interpret and think about them and turn them into information that is beneficial or cost-saving for farming.

In my thesis, based on the knowledge acquired within the framework of the precision farming engineer training, I analyse the data processing method of expert advice already implemented in our farm, compare it with the method I use and examine the effect of differentiated fertilizer application on a given plot.

The selection of multi-spectral satellite images collected from the winter wheat stock presented in the thesis took place mainly during the vegetation dates related to the nutrients subsequent delivery. In the samples taken from the study area C5, the classification is based on the spectral characteristics of the vegetation. Further image processing was performed with IDRISI Selva GIS software.

As a result of the tests, it can be stated that when planning the application of nutrients, it is important to establish the zones on the basis of data that take into account the specifics of several production years in order to achieve greater crop safety. The design of the zones should be reviewed every 4-5 years.

Observing the effect of the vintage, it appears much better on my own made map and in yield than on a map prepared on the basis of a multi-year average in the framework of expert advice.

In my opinion, however, the meticulousness of my own map and the content of the data obtained from the analysis of satellite recordings of a season are not enough to make a proper nutrient application plan.

Finally, I investigated the effect of site-specific nutrient application of autumn basic fertilization on the economics of production. Basic fertilization accounts for about 10-15% of production costs, and the extent of the expected savings must be assessed accordingly. Based on the expert advice, there was a decrease in the cost of production.

VII. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani Verőné Dr. Wojtaszek Małgorzata egyetemi docensnek a munkám során készséggel nyújtott segítségért, hasznos tanácsaiért. Köszönet illeti Csornai Gábort az összehasonlítások megvalósítására adott hasznos ötleteiért, valamint Györe Attilát a szaktanácsadás módszerének megismertetéséért.

VIII. IRODALOMJEGYZÉK

- ÁDÁM J. – BÁNYAI L. – BORZA T. – BUSICS GY. – KENYERES A. – KRAUTER A. – TAKÁCS B. 2004: Műholdas helymeghatározás. Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 458.
- ÁNGYÁN, J. 2001: Az európai agrármodell, a magyar útkeresés és a környezetgazdálkodás. Budapest, Agroinform Kiadóház.
- ASHNER, G. P. 1998: Biophysical and Biochemical Sources of Variability in Canopy Reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 64. pp. 234-253.
- BARÓTFI, J. 2000: A környezettechnika globális összefüggései. In: BARÓTFI, J. (szerk.): *Környezettechnika*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 21-95.
- BERKE J. – HEGEDŐS GY. CS. – KELEMEN D. – SZABÓ J. 1996: Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. Keszthelyi Akadémia Alapítvány, Keszthely, pp. 202.
- BLACKMORE, B. S. 1994: Precision Farming; An Introduction. *Outlook on Agriculture*, Vol. 23 (4), pp. 275-280.
- CAMPBELL, J. B. 2002: Introduction to remote sensing. The Guilford Press. New York, NY, USA.
- CZINEGE, E. 2002: Precíziós gazdálkodás: a jövő évezred agrotechnológiája. *Agro Napló* VI. évf. 2002/2
- CSETE, L. 2005: Az agár- és vidékfejlesztés fenntartható rendszere. *Gazdálkodás*, 49. évf. 2. sz., pp. 3-15.
- DEERING, D. W., – ROUSE, J. W., – HAAS, R. H., – SCHELL, J. A. 1975: Measuring „Forage Production” of Grazing Units From Landsat MSS Data. *Proceedings of the 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, II, pp. 1169-1178.
- DETREKŐI Á. – SZABÓ GY. 2000: Bevezetés a térinformatikába. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 250.
- GEIGER, F., BENGTSSON, J., BERENDSE, F., et al., 2010, Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland, *Basic and Applied Ecology*, 11(2), pp. 97-105.

- HAJNAL K. – TÓTH J. 1998: Globális világproblémák és megatrendek. In: Tóth J. Vuics T. (szerk.): Általános Társadalomföldrajz I., Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, pp. 112-114.
- HEEGE, J. H. – FELDHÄUS, B. 2002: Site Specific Control of Seed-Numbers per Unit Area for Grain Drills, Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 012. Volume IV.
- JOLÁNKAI, M. és NÉMETH, T. 2007: Agronómiai és környezetvédelmi elvárások. In: NÉMETH, T. - NEMÉNYI, M. - HARNOS, ZS. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press, Szeged, pp. 63-75.
- KOZÁRI, J. – TÓTH, K. 2009: Mezőgazdasági szaktanácsadás, Szaktudás Kiadó, Budapest
- LAMB, D. W. – BROWN, R. B. 2001: Remote-sensing and mapping of weeds in crops. Journal of Agricultural Engineering Research. Volume: 78 pp. 117-125.
- LÁNG, I. 2003: Agrártermelés és globális környezetvédelem. Budapest, Mezőgazda Kiadó. pp. 1-216.
- LEGG, B. J. – STAFFORD, J. V. 1998: Precision agriculture – new technologies. In Proceedings of an International Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases, Volume 3, pp. 1143–1150.
- LÓPEZ-GRANADOS, F. 2010: Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches. Weed Research. Volume: 51. pp. 1-11.
- MARSELEK, S. 2006: Környezeti állapot, mezőgazdaság, fenntartható fejlődés. Gazdálkodás, 50. évf., 15. külökiadás, pp. 12-27.
- MESTERHÁZI, P. Á. 2004: Development of measurement technique for GPS-aided plant production, Doctoral dissertation, Mosonmagyaróvár. pp. 203.
- MILICS G. – TAMÁS J. 2007: Helymeghatározás. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 15-38.
- MILICS, G. – SMUK, N. 2012: Lehetőségek a helyspecifikus vetés megvalósítására, Agro Napló 2012. április, pp. 25.
- MONOKI, SZ. 2011: Integrált és konvencionális növényvédelmi programok fenntarthatósági vizsgálata DEXiPM modell alkalmazásával, Diplomadolgozat (SZIE-MKK)

- MOORE, I. D. - GESSLER, E. - NIELSEN, G. A. - PETERSON, G. A. 1993: Terrain analysis for soil specific crop management. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, pp. 27 – 51.
- MUCSI L. 1995: Műholdas távérzékelés és digitális képfeldolgozás. JATE PRESS, Szeged, pp. 172.
- NAGY, S. 2003: Gyomfelvételezési mintateretek kijelölése és gyomtérképek készítése precíziós gyomszabályozáshoz, Agro Napló, 2003. év, 6. szám
- NAGYVÁRADI L. 2005: A GPS alkalmazásának lehetőségei. In: Tanulmányok Tóth Józsefnek. Szerk.: Bugya T., Wilhelm Z. Pécs, PTE TTK Földrajzi Intézet, PTE Földtudományok Doktori Iskola, pp. 191-197.
- NEMÉNYI M. – MESTERHÁZI P. Á. – PECZE ZS. – STÉPÁN ZS. 2003: The role of GIS and GPS in precision farming. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 40. (1-3), pp. 45-55.
- NEMÉNYI, M. - PECZE, ZS. - MESTERHÁZI, P. Á. - NÉMET, T. 2001: A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. Növénytermelés 50 (4) pp. 419 - 430.
- PEARCE, D. and ATKINSON, G. 1995: Measuring sustainable development. In: BROMLEY, D. M. (ed.): Handbook of environmental economics. Blackwell, Oxford, pp. 166-182.
- PECZE, ZS. 2001: A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszere, Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár pp. 1-161.
- RAVI P. GUPTA 1991.: Remote Sensing Geology
- REISINGER, P. (szerk.) 2007: Precíziós növényvédelem. pp. 77-132,
- REMETEY, G. at al. 1993.: A térinformatika és alkalmazásai OMFB 9-9102.
- ROUSE, J. W. – HAAS, R. H. – SCHELL, J. A. – DEERING, D. W. – HARLAN, J. C. 1974: Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC, Greenbelt, MD.
- ROUSE, J. W. – HAAS, R. H. – SCHELL, J. A. – DEERING, D. W. 1973: Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, Vol. 1. NASA, Washington DC., pp. 309-317.
- SCHOWENGERDT, R. A. 1997: Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing. Academic Press, London, pp. 522.

- SPEISER, F. 2014: A mintavétel módja és a precíziós szárítás. Agro Napló XVIII.évf. 2014/08. pp. 115.
- STAFFORD, J.V. – AMBLER, B. 1994: In-field location using GPS for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture, Vol 11, Issue 1, Elsevier Science Ltd., pp. 23-36.
- SZABÓ J. – MILICS G. – TAMÁS J. – PÁSZTOR L. 2007: Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 39-62.
- SZŰCS, I. and RAUSZ, A. 2007: Sustainable development indicators in Hungary, Budapest: Hungarian Central Statistical Office. pp. 9-22.
- TAKÁCSNÉ, GY. K. 2006: Növényvédőszer használat csökkentés gazdasági hatásai szerk.: Takácsné György Katalin Gödöllő 2006 Szent István Egyetemi Kiadó OTKA T042503 kutatási téma zárókonferenciáján elhangzott előadások anyaga pp. 87.
- TAMÁS J. 2001: Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp. 144.
- TÓZSA I. 2001: A térinformatika alkalmazása a természeti és humán erőforrásgazdálkodásban. Aula kiadó, Budapest, pp. 190.
- VERŐNÉ WOJTASZEK M. - KÖRMENDY E. 2015: Távérzékelés szerepe a precíziós mezőgazdaságban, különös tekintettel az UAV felvételekre. Remote Sensing. 5(2), pp. 426-430
- VERŐNÉ WOJTASZEK, M. 2011.: Fotóinterpretáció és távérzékelés, Egyetemi Jegyzet, Nyugat-magyarországi Egyetem
- VIRÁG, I. 2014: A precíziós mezőgazdaság elemeinek fejlesztése, különös tekintettel a fuzárium kártétel spektroszkópiai detektálására és a kemikáliák kijuttatásának folyamatvezérlésére. Ph.D. értekezés, Mosonmagyaróvár, pp. 130.

Web oldalak:

<http://www.hermanottointezet.hu/sites/default/files/Kombajnhozamm%C3%A9r%C5%91k.pdf> (letöltve: 2020.08.22.) Hozammérési technológiák a John Deere betakarítógépeken, Hajmásy Gyula, 2019.

ENSZ (1987): Brundtland Bizottság jelentése (Közös jövőnk):

<http://www.in.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. (olvasva: 2020.01.05 15:20)

EURÓPAI ŰRÜGYNÖKSÉG (ESA) weboldala (látogatva: 2019.01.12. 11:23):

<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>

http://www.urvilag.hu/gmes/20150325_copernicus_menetrend

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169903000103>

IX. MELLÉKLETEK

1.melléklet: A C5 tábla talajvizsgálati eredménye a kijutatott foszfor műtrágya mennyisége szerinti zónakategóriák alapján csoportosítva

Vizsgált paraméterek										
Vevő azonosítója	C 5/6	C 5/9	C 5/10	C 5/11	C 5/12	C 5/13	C 5/16	C 5/18	C 5/20	C 5/30
Szint mélysége (cm)	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Laborazonosító	17/17926	17/17929	17/17930	17/17931	17/17932	17/17933	17/17936	17/17938	17/17940	17/17950
Rész minta kódja/jele	6.	9.	10.	11.	12.	13.	16.	18.	20.	30.
pH (KCl 1:2,5)	7,05	6,71	5,35	6,73	7,15	6,83	6,88	6,65	6,6	6,09
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	56	54	66	55	56	59	56	52	61	57
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,10	0,12	0,10	0,11	0,14	0,14	0,10	0,10	0,12	0,12
Szénsavas mész (m/m%)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,4	1,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Humusz (m/m%)	3,2	3,5	3,6	4,3	3,2	3,9	4,3	4,2	3,4	3,1
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	9	15	19	19	45	29	10	18	7	11
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	389	336	535	393	326	353	398	237	669	473
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	26,5	29	19,8	24,2	32,3	34,9	26	24,3	26,2	16,2
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	1009	1018	477	952	1037	680	1338	1447	631	742
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	19	16	31	11	22	22	11	7	56	16
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	665	374	105	373	357	566	815	1561	235	188
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	3,4	3,4	4,3	4,9	3,3	3,8	5,1	5,6	5,6	4,9
Mangán(kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	236	200	237	422	248	239	325	596	345	455
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	2	1,7	2,1	2,5	1,4	1,6	3,5	5,7	2,5	2,2
HOZAM	6,789	6,466	6,28	7,199	6,726	6,989	7,305	6,199	7,013	7,086
MAP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PÉTISÓ	88,6957	111,522	82,8261	90	96,5217	103,044	88,6957	92,6087	91,9565	96,5217
TERMŐKÉPESSÉG	102,01	109,39	84,75	112,16	99,87	91,78	110,54	108,68	101,74	99,45

Vizsgált paraméterek									
Vevő azonosítója	C 5/3	C 5/5	C 5/7	C 5/14	C 5/15	C 5/22	C 5/24	C 5/26	
Szint mélysége (cm)	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	
Laborazonosító	17/17923	17/17925	17/17927	17/17934	17/17935	17/17942	17/17944	17/17946	
Rész minta kódja/jele	3.	5.	7.	14.	15.	22.	24.	26.	
pH (KCl 1:2,5)	7,11	7,21	7,08	7,16	7,01	5,85	6,85	7,04	
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	53	48	59	61	59	58	59	60	
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	
Szénsavas mész (m/m%)	1	1,1	4,8	1,3	<0,1	<0,1	1,6	<0,1	
Humusz (m/m%)	3,9	2,8	3,1	3,6	3,4	4	3,6	3,2	
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	24	14	8	13	9	17	17	14	
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	234	428	440	697	596	395	399	618	
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	15,9	22	22,3	25,6	35,9	34,7	45,2	28,6	
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	795	657	518	691	680	848	1026	747	
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	7	35	35	32	32	16	11	58	
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	297	508	177	372	370	534	675	385	
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	3,6	4,3	2,3	5,1	5,2	5,3	3,3	5,1	
Mangán(kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	390	196	94	231	283	584	265	192	
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	1,5	1,1	1,4	2,1	2,1	3,9	2,4	1,4	
HOZAM	6,778	7,429	6,831	7,164	7,19	6,305	6,583	7,116	
MAP	97	97	90,3846	94	94	98	92	97	
PÉTISÓ	88,6957	78,913	63,3913	93,913	75,1304	76,9565	88,0435	69,7826	
TERMŐKÉPESSÉG	103,94	100,8	89,32	98,39	93,16	83,85	98,23	92,09	

Vevő azonosítója	C 5/1	C 5/4	C 5/8	C 5/17	C 5/19	C 5/21	C 5/23	C 5/31
Szint mélysége (cm)	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Laborazonosító	17/17921	17/17924	17/17928	17/17937	17/17939	17/17941	17/17943	17/17951
Rézminta kódja/jele	1.	4.	8.	17.	19.	21.	23.	31.
pH (KCl 1:2,5)	6,92	7,25	7,03	6,75	5,34	6,56	6,02	7,18
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	56	53	54	61	61	55	59	59
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,12	0,11	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,13
Szénsavas mész (m/m%)	<0,1	1,9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	6,1
Humusz (m/m%)	3,6	4,1	3,6	3,8	3,9	3,8	4,2	3,1
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	11	21	4	32	16	15	8	43
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	486	139	317	474	569	234	385	352
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	28,7	32,7	23,2	18	25,6	27,6	20,3	29,2
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	651	1378	921	664	559	1171	992	1243
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	15	9	11	18	27	8	6	33
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	310	1217	583	208	177	866	298	815
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	6,2	3,1	4,2	4,2	5,5	4,9	4,5	2,3
Mangán(kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	407	198	306	439	454	529	416	104
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	2,0	2	2	2,1	3	3,6	2,1	1,6
HOZAM	7,234	6,319	6,927	7,34	6,727	5,996	7,113	6,852
MAP	103	105	109	107	104	104	105	102
PÉTISÓ	95,8696	87,913	91,3043	71,7391	69,2609	86,087	102,652	89,3478
TERMŐKÉPESSÉG	102,72	102,45	107,7	106,69	90,21	105,83	108,5	108,2

Vizsgált paraméterek				
Vevő azonosítója	C 5/2	C 5/27	C 5/28	C 5/29
Szint mélysége (cm)	0-30	0-30	0-30	0-30
Laborazonosító	17/17922	17/17947	17/17948	17/17949
Rézminta kódja/jele	2.	27.	28.	29.
pH (KCl 1:2,5)	6,87	6,72	6,94	6,69
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	56	61	58	55
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,12	0,13	0,12	0,11
Szénsavas mész (m/m%)	<0,1	<0,1	<0,1	1,7
Humusz (m/m%)	3,8	3,2	3	3,7
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	15	12	12	14
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	420	622	503	484
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	23	27,7	34,2	17,7
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	626	424	985	767
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	27	44	18	27
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	131	240	283	297
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	4,3	5	4,8	3,5
Mangán(kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	441	356	324	148
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	1,8	2,2	1,8	0,9
HOZAM	7,552	6,688	6,987	7,012
MAP	119	112	116	112
PÉTISÓ	84,1304	93,6522	64,5652	85,9565
TERMŐKÉPESSÉG	105,78	90,57	93,05	103,61

Vizsgált paraméterek	
Vevő azonosítója	C 5/25
Szint mélysége (cm)	0-30
Laborazonosító	17/17945
Rézminta kódja/jele	25.
pH (KCl 1:2,5)	7,3
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	54
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,10
Szénsavas mész (m/m%)	1,9
Humusz (m/m%)	2,6
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	17
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	286
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	20,3
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	989
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	13
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	289
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	2,7
Mangán(kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	248
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	1,4
HOZAM	7,062
MAP	151,923
PÉTISÓ	56,4783
TERMŐKÉPESSÉG	94,79