



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Ráfordítás és eredményesség közötti összefüggések elemzése őszi búza kultúrában

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Bajcsy Dániel Előd

Hallgató törzskönyvi száma: T000889/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Bajcsy Dániel Előd

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000889/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Ráfordítás és eredményesség közötti összefüggések elemzése őszi búza kultúrában

A dolgozat címe angolul: Analysis of the relationship between inputs and yield in winter wheat.

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján foglalja össze a hagyományos és a precíziós gazdálkodás technológiát!
2. A gazdaság és a kiválasztott mintaterületek bemutatása.
3. Búza termesztéstechnológia bemutatása, kijuttatott inputanyagok ismertetése.
4. Növény fejlődésének nyomonkövetése műholdfelvételek alapján, vegetációs indexek számítása és elemzése.
5. Tapasztalatok és eredmények összefoglalása.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.



Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találok: 2023. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Bábolna, 2023.12.12.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
2.	Precíziós mezőgazdaság	3
2.1	A precíziós mezőgazdaság, mint fogalom ismertetése	3
2.2	Távérzékelés szerepe.....	5
2.3	Talajvizsgálat	6
2.4	Tápanyagutánpótlás.....	8
3.	Gazdaság, kísérleti terület bemutatása, Tápanyaggazdálkodás ismertetése	12
3.1	Tápanyagutánpótlási terv készítése 1. táblára.....	13
3.2	Tápanyagutánpótlási terv készítése 2. táblára.....	20
4.	Őszi búza, Vetőmag, alkalmazott technológia bemutatása.....	25
4.1	Őszi búza vetőmag bemutatása	26
4.2	Alkalmazott technológia	28
4.2.1	Tárcsázás.....	28
4.2.2	Műtrágyaszórás	29
4.2.3	Magágykészítés.....	29
4.2.4	Vetés	30
4.2.5	Fejtrágyázás	31
4.2.6	Bokrosító hengerezés	31
4.2.7	Növényvédelem	32
4.2.8	Betakarítás	33
4.2.9	Tarlóhántás és tarlóápolás.....	34
5.	Digitális képfeldolgozás	35
5.1	QGIS használata műholdképek elemzéséhez.....	36

5.1.1	Adatok előkészítése (sávok, vágás, virtuális raszter)	37
5.1.2	NDVI indexszámítás.....	38
5.1.3	Zónák kialakítása szegmentálással	40
5.1.4	Osztályozás	40
5.1.5	2. időpont elemzése QGIS programban.....	41
5.1.6	3. időpont elemzése QGIS programban.....	42
5.2	eCognition Developer használata műholdképek elemzéséhez.....	44
5.2.1	Tábla azonosítása.....	45
5.2.2	Szegmentálás	46
5.2.3	Osztályozás NDVI szerint	46
6.	Eredmény ismertetése, költségelemzés.....	52
7.	Summary.....	56
8.	Irodalomjegyzék	58

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a különböző világesemények, mint például a koronavírus, háborúk hatására egyre kiszámíthatatlanabb gazdasági környezetben élünk. Nincs ez másképp a mezőgazdaság területén sem, az elszálló energia-, gép- és inputanyagárak, növekvő, majd hirtelen lecsökkenő termény-felvásárlási árak, az egyre szélsőségesebb időjárási körülmények mind-mind a korábbi stabil, jósolható rendszer végét hozták el. Hiába a magas felvásárlási ár, ha termésünket aszály tizedeli, illetve hiába a jó termés, ha azt a befektetett összeghez képest alacsony áron vásárolják fel.

Saját 40 hektáros gazdaságunkban is érezzük ezeket a problémákat, egyértelművé vált számomra, hogy a régi, megszokott módszerek ezekben a nehéz időkben többé nem lehetnek verseny-, illetve életképesek, ezért szeretnék a nagyüzemi gazdaságokban alkalmazott technológiai elemek közül minél több dolgot adaptálni saját vállalkozásunkba észszerű keretek között. Ennek érdekében jelentkeztem a precíziós mezőgazdálkodási szakmérnök képzésre, ahol megtanultam, hogy első és legfontosabb teendő a területek megismerése, arról minél több adat gyűjtése, melyekből a képzésnek köszönhetően magam is képes leszek hasznos információk előállítására és ennek megfelelő beavatkozások végrehajtására.

Dolgozatom témájaként egy általam szinte minden évben termesztett növény, az őszi búza ráfordítás és eredményesség közötti összefüggéseit szeretném elemezni egy kísérlet segítségével. A kísérletet Bana település határában, két egymás mellett fekvő, túlnyomórészt általam kezelt területen végeztem. Ennek során az egyik, 5 hektáros területre több inputanyagot juttattunk ki, mint a mellette fekvő 4 hektáros területre. Magasabb dózisu alap- és fejtrágyát kapott, illetve több vetőmag is került elvetésre. Egy kísérlet során ideális esetben a különböző tényezőket külön-külön kellene változtatni, erre azonban nem volt lehetőségem, mivel a másik területem nem én gazdálkodok, csupán művelem azt.

A dolgozat elején szeretném elmondani, mit is értünk precíziós, illetve helyspecifikus mezőgazdálkodás alatt, a folytatásban utánajárok az ezen technológia alkalmazásához

szükséges elméleti ismeretanyag, kitérek többek között a szóban forgó növény, a kísérletben szereplő területek bemutatására, ismertetem a növény tápanyagszükségletének megállapításához, képzésen tanult módszert, aminek és a kísérlet, illetve a rendelkezésre álló adatok segítségével kiszámítom, hogy az adott évben mi lett volna az optimális technológia. Bemutatom az alkalmazott agrártechnológiát, illetve a rendelkezésre álló gépparkot is, melyet folyamatosan fejleszték. A növények fejlődését távérzékelés segítségével kívánom elemezni a vegetációs időszak alatt, amit szerettem volna összehasonlítani egy kombájn által készített hozamtérképpel is, de erre sajnos nem volt lehetőségem. Végezetül levonom a következtetéseket és bemutatom a jövőbeli irányokat, célokat a témával kapcsolatban.

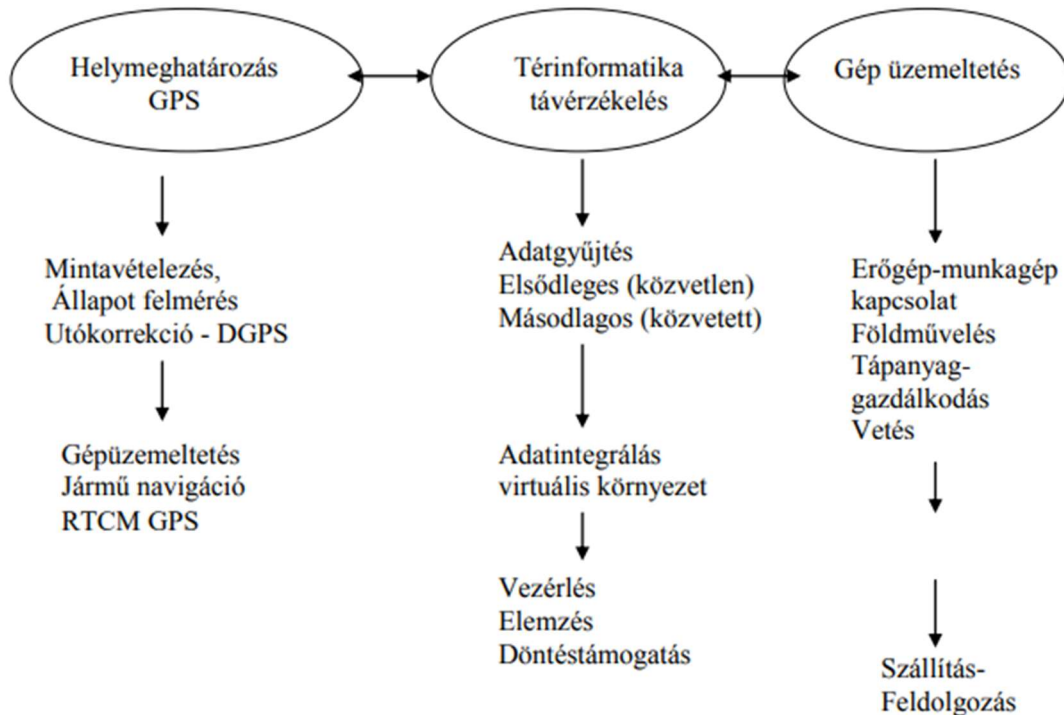
2. PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG

2.1 A precíziós mezőgazdaság, mint fogalom ismertetése

A hatékony gazdálkodás alapvető feltétele az erőforrások minél pontosabb ismerete. Nincs ez másképp a mezőgazdaság területén sem, ahol első és legfontosabb feladat a termőhely megismerése. Az intenzív mezőgazdálkodás megjelenésével az 1980-as években jelentősen megnőtt a termőterület igénybevétele, fokozódott azok romlása, pusztulása. Egyre több inputanyagot juttattak ki a minél magasabb termésátlagok elérése érdekében, ami egy adott mennyiség után már nem eredményezett termésnövekedést, viszont az ennek következtében fel nem használt anyagok veszélyeztették a környezetet. Belátható, hogy a szükségesnél nagyobb mennyiségű inputanyag a környezet mellett a pénztárcának sem tett jót, hiszen növekvő kiadás mellett nem növekedett lineárisan a bevétel. [1,2]

Komoly áttörést hozott az Információs Társadalom és az Információs Technológia megjelenése, amely a mezőgazdaságban precíziós mezőgazdaság (precision agriculture) néven vált ismertté. Lényege az éveken át tartó adatgyűjtés, a változások nyomon követése és az ezek ismeretében történő tervszerű beavatkozás; a megfelelő művelet elvégzése az éppen szükséges módon a megfelelő helyen és időben. Alapvető célja a jó minőségű, leinformálható élelmiszerelőállítás optimális tápanyagfelhasználás mellett. Segítségével a gazdálkodás versenyképessé és szabályozottá válik, miközben nagy hangsúlyt fektet a környezeti fenntarthatóságra is. [1,2]

„A precíziós mezőgazdaság meghatározó elemei: a nagy pontosságú folyamatos helymeghatározás, az elemzés térinformatikai és távérzékelési eszköztára és a magas szinten automatizált terepi munkavégzés” (1. ábra). [1]



1. ábra - Precíziós mezőgazdaság feltételrendszere [1]

Hagyományos gazdálkodás során gazdasági szinten, jobb esetben táblaszinten kerül meghatározásra az alkalmazott technológia, a területeket homogén egységként kezelve, azonos műveletsor és tápanyagutánpótlás mellett. Ma már tudjuk, hogy a különböző táblákon belül is vannak eltérések, melyeket terjedelemtől és eltérés mértékétől függően érdemes lehet külön kezelni. Távérzékelés segítségével képesek vagyunk a növények fejlődését nyomon követni, láthatóvá válik, hogy a tábla mely részein erősebb és melyiken gyengébb az aktuális kultúra fejlődése. Ezt kihasználva menedzsment zónákat alakíthatunk ki, amelyek segítségével célzott talajmintavétel válik lehetővé. Az ily módon végzett talajelemzés, a betakarítás során készített hozamtérkép, a többéves kultúráknál a termésátlag és a távérzékelés segítségével úgynevezett zónaerő térképet hozhatunk létre, mely figyelembe veszi a táblán belüli különböző zónák termőképességét. Miután ismerjük a ezen zónák tápanyagellátottságát, a lekerülő növény által visszamaradó tápanyagmennyiséget

és a következő kultúra tápanyagigényét, kiszámíthatjuk a tervezett termésmennyiség eléréséhez szükséges inputanyagok mennyiségét az egyes zónákra vetítve.

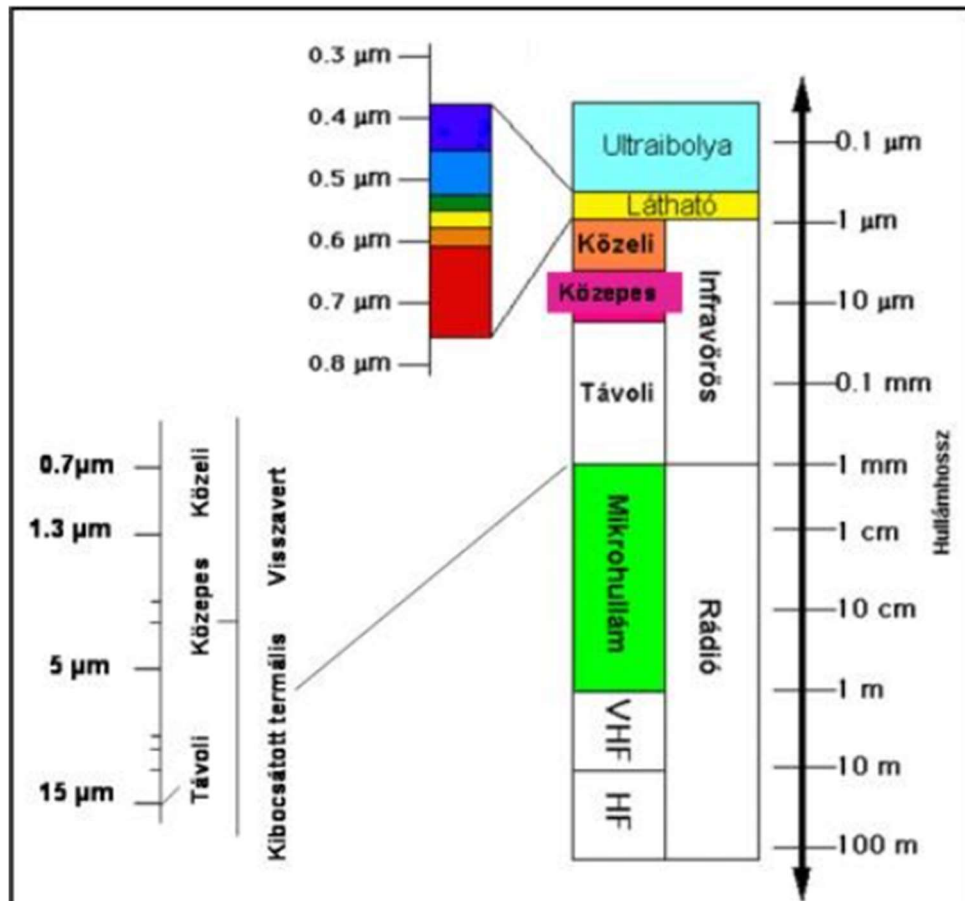
2.2 Távérzékelés szerepe

„A távérzékelés egy sajátos adatnyerési eljárás, amelynek során a földfelszín vagy földfelszíni objektumok bizonyos sajátosságairól (pl. méret, anyagi összetétel stb.) anélkül jutunk adatokhoz, hogy a vizsgált tárggyal közvetlen kapcsolatba kerülnénk. Az adatnyerés általában az elektromágneses energia közvetítésével történik. Ez az eljárás két alapvető folyamatot foglal magában. Az egyik az objektumról az elektromágneses hullámok által közvetített adatok valamilyen távolságból történő érzékelése, a másik pedig az észlelt és rögzített adatok feldolgozása, értelmezése.” [3]

Távérzékelés során a napból induló, különböző hullámhosszú elektromágneses energia elnyelését és visszaverődését figyelhetjük meg műholdak segítségével. Az elemzés során különböző referencia-adatok kerülnek felhasználásra, mint pl. topográfiai, geológiai térképek, talajtani és területhasznosítási adatok. Távérzékelésre a teljes elektromágneses spektrumtartománynak (2. ábra) csak egy részét használjuk, melyek a következők:

- A látható fény tartománya (VIS) ($\lambda=0,4-0,7\mu\text{m}$) az emberi szem által érzékelhető, kék, zöld, vörös,
- infravörös tartomány
 - Közeli infravörös (NIR) ($\lambda=0,7-1,3\mu\text{m}$) a felszín által visszavert napsugárzás közvetíti az információt.
 - Közepes infravörös (MIR) ($\lambda=1,3-3\mu\text{m}$) esetén is a visszavert napsugárzás dominál.

- Távoli infravörösben (TIR) ($\lambda=3-15\mu\text{m}$) jelentőssé válik a felszín által kibocsátott sugárzás, mellyel a felszín terminális tulajdonságait vizsgálhatjuk. [3,4,5]



2. ábra - Az elektromágneses spektrum tartományai [3]

2.3 Talajvizsgálat

Miután távérzékelés és képfeldolgozás segítségével feltérképeztük a táblát, kialakítottuk a felvételeknek megfelelően a különböző menedzsmentzónákat, következik a célzott talajmintavételezés. Ehhez akár okostelefonunkban található GPS vevő pontossága is megfelelő lehet. A mintákat 0-30 cm mélységben kell vennünk és megjelölni mely tábla mely zónájából származik. A mintákat ezután laborba küldjük vizsgálatra, ami tulajdonképpen a felvehető tápelemformák kémiai kivonását jelenti, az általuk adott eredmények pedig a

felvehetőség mutatójaként szolgálnak. A talajvizsgálat célja, hogy meghatározza a talaj összetételét, kémiai tulajdonságait, tápanyagtartalmát és más fontos paramétereit. [6,7,8,9]

A talajvizsgálat során számos paramétert értékelhetnek ki:

- Talajtípus: Meghatározza, hogy a talaj homokos, agyagos vagy iszapos.
- pH-érték: A talaj kémhatását mutatja, ami befolyásolja a növények tápanyagfelvételét.
- Tápanyagtartalom: Méri a talajban található tápanyagok (pl. nitrogén, foszfor, kálium) mennyiségét.
- Szervesanyag-tartalom: A talajban lévő szerves anyagok mennyiségét méri, ami hatással van a talaj szerkezetére és termékenységére.
- Mikroelemek: Megvizsgálja a talajban lévő kisebb mennyiségű ásványi anyagokat, mint például a vas, mangán, cink.
- Elektromos vezetőképesség: Jelzi a talaj nedvességtartalmát. [6,7,8]

A talajvizsgálati eredmények képet alkotnak a talajban megtalálható tápelemek felvehetőségéről, információt adnak a tápanyag és meszezés termésre gyakorolt hatásáról és segítik a tápanyagutánpótlási terv kialakítását. Nagyon fontos a talajmintavétel mélysége és ideje, mindkét esetben figyelembe kell venni az adott növénykultúrát és a tápanyagutánpótlás idejét, ismétlése háromévente javasolt, de jelenlegi szabályozás alapján ötévente kell elvégezni. [6,8]

A talajvizsgálatok kémiai oldószerrel, kivonószerrel történnek, összekeverés után rázógépbe kerül a minta, majd ezt követően analízisra. A kapott eredmények segítenek a trágyázás-tápanyagellátási irányelvek kialakításában. Növények számára felvehető tápanyagellátottsági szinteket állapítottak meg:

- Alacsony tápanyag-ellátottsági szintű területen az adott terméshez előírt tápanyagmennyiség főleg kijuttatott anyagokból, például műtrágyából fedezhető.
- Magas tápanyag-ellátottsági szinten pedig az előírtnál kevesebb inputanyagkijuttatás szükséges, ugyanis a talaj szolgáltatja a tápanyag nagyrésztét.

Leggyakrabban használt tápanyag-ellátottsági kategóriák a hiányos, kritikus, megfelelő, magas és túlzott. [6,7,8]

2.4 Tápanyagutánpótlás

Magyarországon az 1930-as években jelent meg, majd az 1960-as években vált általánossá a műtrágyahasználat, mely az 1980-as években volt a legintenzívebb. A felhasznált mennyiség azóta folyamatosan csökken, mivel jelentős környezetkárosító hatással bír a túlzott mértékű kijuttatás. Ugyanakkor tápanyagutánpótlásra szükség van, ellenkező esetben ugyanis negatív tápanyagmérleg alakulna ki, vagyis kimerítenénk a talaj tápanyagkészletét. A tápanyagutánpótlási tervek elsőszerű célja a talajtermékenység fenntartása optimális műtrágya-, illetve szerves trágya használata segítségével. Annyi tápanyagot kell a talajba juttatni, amely betakarítás során a szemterméssel lekerül onnan. A precíziós mezőgazdaság fontos része a helyspecifikus trágyázás, mely a gazdasági előnyök mellett jelentős ökológiai hatással is bírhat. [6,9]

„A termésképzéshez szükséges tápanyagok mennyisége arányos a termés nagyságával és annak kémiai összetételével.” [9]

Tápanyagszükséglet (kg/ha) = $Q \times f$

Q: a tervezett termés (t/ha)

f: a terméshez szükséges tápanyagmennyiség (kg/t) [9]

A következő táblázatban látható az 1 tonna fő- és melléktermék előállításához szükséges tápanyagmennyiség.

	N (kg/t)	P ₂ O ₅ (kg/t)	K ₂ O (kg/t)	MgO (kg/t)
búza	29	10	17	4
szem	25	8	6	2
szár	4	2	9	2
repce	46	25	53	7,8
becő	33,5	18	10	5
szár	12,5	7	43	2,8
napraforgó	49	34	97	13
kaszat	29	16	24	6,6
szár	20	18	73	6,4
kukorica	24	10	26	6,8
szem	15	8	5,5	3,5
szár	9	2	20,5	3,3
silókukorica	3,8	1,6	2,8	1

1. táblázat - Főbb szántóföldi növények átlagos tápelemfelvétele fő- és melléktermék szerinti megoszlásban [9]

Hogy a táblázatban látható értékek mekkora részét kell például műtrágyával pótolnunk, erősen befolyásolja a termőhely és az elővetemény is. Gyenge ellátottságú talajokra több tápanyagot kell kijuttatni a növény tápanyagigényénél, míg jól ellátott talajokon annál kevesebb is elég. A táblázati értékek közepes ellátottságú talajokra vonatkoznak, esetükben annyi tápelemet juttatunk ki, amennyit a növények felvesznek. Makroelemek közül a foszfor és kálium esetében érdemes a talajvizsgálati eredményekre támaszkodni. Az "AL-oldható foszfortartalom" (2. táblázat) egy olyan talajvizsgálati paraméter, amely a talajban lévő foszfor oldhatóságát mutatja meg a vízben oldható formában, kifejezve az AL (ammónium-laktát) oldószerrel való oldhatóságot. Az "AL-oldható" rövidítés az ammónium-laktát oldatot jelenti, amelyet gyakran használnak a talajban lévő foszfor meny-

nyiségének meghatározására a laboratóriumi vizsgálatok során. Ez a módszer segít felmérni, hogy mennyi foszfor van jelen a talajban olyan formában, amely könnyen hozzáférhető a növények számára. A növények számára elérhető foszfor fontos a növekedésükhöz és fejlődésükhöz, és a talaj foszfor-tartalmának ismerete lehetővé teszi a mezőgazdászok számára, hogy megfelelően műtrágyázzák a talajt annak érdekében, hogy támogassák a növények egészséges növekedését.

Szántóföldi termőhely	CaCO ₃ (%)	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Igen jó
I. (mezőszéki talajok)	>1	<50	51–90	91–150	151–200	>250
	<1	<40	41–80	81–130	131–200	>200
II. (erdőtalanok)	>1	<40	41–70	71–120	121–200	>200
	<1	<30	31–60	61–100	101–160	>160
III. (réti talajok)	>1	<40	41–70	71–110	111–180	>180
	<1	<30	31–60	61–100	101–150	>150
IV. (szikes és homokos talajok)	>1	<50	51–80	81–130	131–250	>250
	<1	<30	31–60	61–100	101–200	>200
V. (szikesek)	>1	<40	41–70	71–120	121–180	>180
	<1	<30	31–60	61–100	101–140	>140
VI. (szikes és homokos talajok)	>1	<50	51–80	81–130	131–200	>200
	<1	<30	31–80	61–100	101–150	>150

2. táblázat - A talajok AL-oldható foszfortartalmának határértékei az ellátottság megítéléséhez [9]

A kálium (3. táblázat) a növények számára elengedhetetlen tápanyag, amely szerepet játszik a növekedésben, a vízgazdálkodásban, és az anyagcsere-folyamatokban. A megfelelő foszfor- és káliumellátás segíthet a növények optimális fejlődésében, míg a hiányuk vagy túlzott mennyiségük kedvezőtlen hatással lehet a termelésre és a környezetre. [6,9]

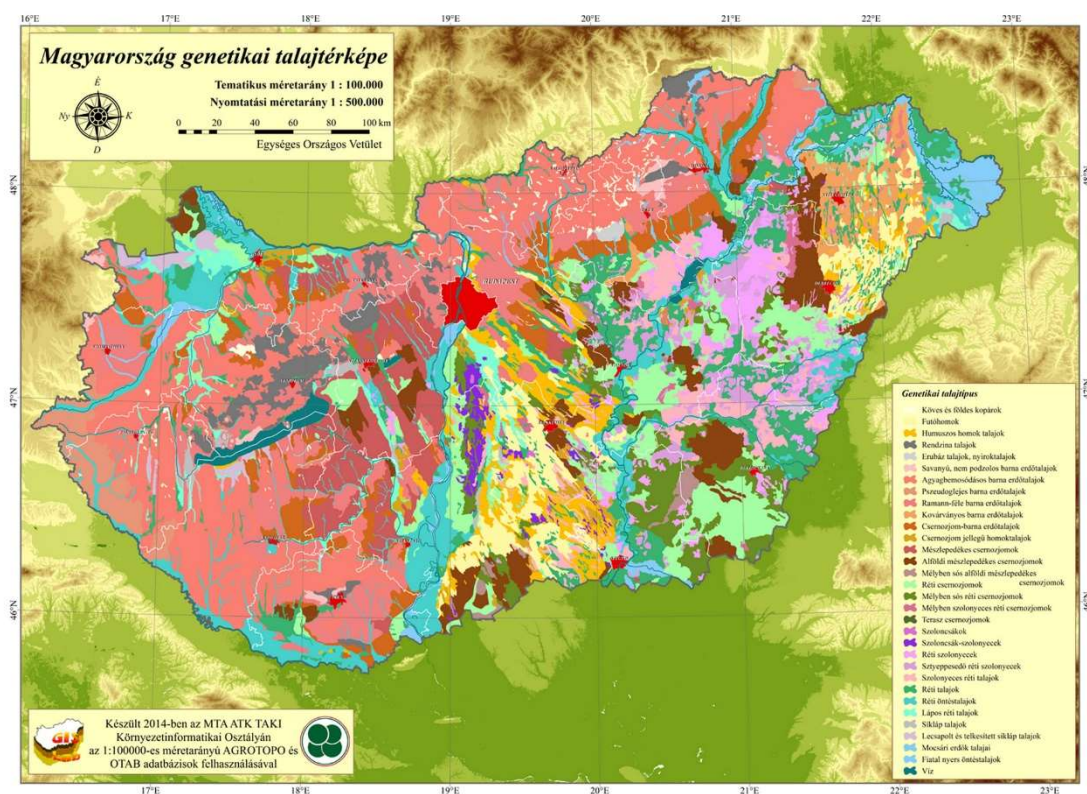
Szántóföldi termőhely	KA	AL-K ₂ O					
		Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Megfe- lelő	jó	Igen jó
I. (mezősegi talajok)	<42	-150	151-200	201-240	241-280	281-320	321-
	>42	-200	201-250	251-300	301-340	341-380	381-
II. (erdőtalajok)	<42	-120	121-150	151-180	181-210	211-250	251-
	43-50	-140	141-170	171-200	201-235	236-275	276-
III. (réti talajok)	<50	-160	161-190	191-220	221-255	256-300	301-
	>50	-150	151-210	211-300	301-380	381-450	451-
IV. (laza és homok- talajok)	<30	-50	51-75	76-110	111-170	171-250	251-
	31-38	-75	76-100	101-140	141-200	201-280	281-
V. (szikesek)	38-50	-150	151-200	201-275	276-365	366-445	446-
	>51	-180	181-225	226-300	301-380	381-480	481-
VI. (sekély termő- rétegű talajok)	<42	-120	121-160	161-200	201-250	251-300	301-
	>42	-160	161-200	201-240	241-290	291-340	341-

3. táblázat - A talajok AL-oldható káliumtartalmának határértékei az ellátottság megítéléséhez [9]

Amennyiben a lekerülő növény szármaradványait nem távolítjuk el a területről, úgy a hatóanyagmennyiség számításánál az 1. táblázat alapján az egyes növények melléktermékei által felhasznált tápanyagokat azok megfelelő aprítása és talajba keverése esetén figyelembe vehetők a következő növény tápanyagutánpótlási tervének készítésekor. Ahhoz, hogy lebomlásuk időben végbe tudjon menni, egyes talajtípusokon érdemes nitrogénműtrágyát kijuttatni. [6,9]

3. GAZDASÁG, KÍSÉRLETI TERÜLET BEMUTATÁSA, TÁP- ANYAGGAZDÁLKODÁS ISMERTETÉSE

Gazdaságunk a Komárom-Esztergom megyei Bana település határában folytatja tevékenységét Őstermelők Családi Gazdasága formájában. Mintegy 40 hektárnyi összterületünk több kisebb részletben, átlag négyhektáros táblák formájában található meg a falu környékén. Területeink nagyrészen csernozjom jellegű homoktalaj található, mely a következő talajtani térképen is látható.



3. ábra - Magyarország genetikai talajtérképe [10]

Gazdaságunk szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozik, termesztett növényeink közé tartozik az őszi búza, őszi árpa, kukorica és napraforgó, tervezett vetésforgóban a növények ebben a sorrendben követik egymást. A dolgozat témája az őszi búza termesztésének gazdaságossági részét kívánja elemezni, ennek során egy saját, Bana 0147/10 helyrajzi számon található 5,12 hektáros (későbbiekben 1. tábla) és egy keresztszüleim gaz-

daságában lévő Bana 0147/11 helyrajzi számú 3,8 hektáros (későbbiekben 2. tábla) területen elvetett növény életútját mutatom be. A két terület egymás mellett fekszik, egymástól csupán egy barázda választja el őket. A kísérlet során a két terület között több tényező is változott, kezdve az előveteménnyel. Az 1. tábláról vetés előtt lekerülő növény az őszi árpa, míg a 2. esetben napraforgó volt. A területek a következő képen láthatók, melyet az e-közmű oldalán elérhető térképről mentettem le.



4. ábra - Területek ábrázolása, Ortofoto 2022

3.1 Tápanyagutánpótlási terv készítése 1. táblára

Miután eldöntöttük milyen növényt szeretnénk termesztetni az adott parcellán, első lépésként meg kell határoznunk annak termesztéséhez szükséges inputanyagmennyiséget. Itt először a talajminta eredményeket vettem figyelembe, melyet ötévente végeztetünk el, jelenleg két eredmény áll rendelkezésemre, egy 2016-ban és egy 2021-ben készült laborvizsgálat. Az első mintavétel során a két tábla még egyben volt, nagyjából azonos helyen, de később nagyszüleim ezeket felosztották és kimérették a fent leírtaknak megfelelően.

2016-ban az IKR Agrárral végeztettük az általunk szedett talajminták elemzését, a terülről 1 db mintát vettünk, a vizsgálat eredményeit a következő táblázat mutatja.

Táblajel	Külső homok	
Terület	9,26	
pH (KCl)	7,5	gyengén lúgos
Kötöttség	49	agyagos-vályog
Össz. só	0,02	alacsony sótartalmú
CaCO ₃	21,4	erősen meszes
Humusz	3,67	igen jó
NO ₃ -N	21,7	jó
P ₂ O ₅	204	jó
K ₂ O	296	igen jó
Mg	450	jó
Na	60	megfelelő
Zn	1,6	gyenge
Cu	1,4	gyenge
Mn	31	jó
SO ₄	32,1	túlzott
Termőhely	1	

4. táblázat - Talajvizsgálati eredmény - 2016

Kérésünkre a cég elkészítette a következő évre vonatkozó tápanyagutánpótlási tervet, amikor a főnövény szintén őszi búza volt a területen. Az elkészült tápanyagutánpótlási terv a következő táblázatban látható.

Szaktanácsadó



MŰTRÁGYÁZÁSI JAVASLAT 2015/2016



Gazdálkodó: Lencsés István
Címe: Bana
KVT sorszáma:
Célprogramkód:
Tábla neve: Külső homok
Termőhely: Csernozjom talajok
Főnövény: Őszi búza

KVT (ha):
Blokkazonosító: NO93U212
Tábla területe (ha): 9,26
Tábla sorszáma:
Termés (t/ha): 6

Műtrágya készítmény	Mennyiség		Hatóanyag tartalma (kg/ha)										
	kg/ha	t/tábla	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Zn	Cu	Mn	Fe	B
Őszi alaptrágyázás													
NPS immunMAX	200	1,85	40	20		14	4	54			0,400	1,000	
1.Fejtrágyázás	Február vége		Bokrosodás kezdete										
Més zammonsalétrom (MAS)	147	1,36	40			10	6						
2.Fejtrágyázás	Április közepe		Szárbaindulás										
Més zammonsalétrom (MAS)	149	1,38	40			10	6						
1. Lomtrágyázás													
Mikrokomplex	2	0,02							0,096	0,024	0,130		
Összesen:	498	4,61	120	20		34,4	16,1	54,0	0,096	0,024	0,530	1,000	

5. táblázat - IKR Agrár Kft. által készített tápanyagutánpótlási terv - 2016

Mint látható, 6 tonnás termésátlagot szerettünk volna elérni őszi búzából, erre készült a műtrágyázási javaslat is. A 4. táblázatban szereplő talajadatokból és az előveteményből megmaradó tápanyagokból számolva 200 kg/ha NPS került kiszórásra egy régi, egytár csás műtrágyaszóró segítségével. Ez a gép sajnos nagyon egyenetlen szórásképpel rendelkezett, így 2016 tavaszán lecseréltük egy korszerű, két repítőtárcsával rendelkező, korszerű műtrágyaszóróra, a tavaszi fejtrágyázás már ezzel a géppel történt. A géphez kísérletek alapján megállapították az egyes műtrágyafajták szórás képét, szórásszélességét és a kijuttatott műtrágyamennyiséget, melyet a hozzá tartozó gépkönyvben, illetve egy telefonos applikáció segítségével érhet el a gazda. Egy osztályozócsésze segítségével meghatározzuk a műtrágya szemcsenagyság szerinti eloszlását, majd megmérjük a térfogat tömegét. Ezen adatok segítségével már könnyen megtaláljuk az adott műtrágyafajtát és a hozzá szükséges szórás kép, dózis és lapátbeállításokat. Segítségével a kijuttatott műtrágya sokkal egyenletesebben oszlik el a területen, homogénebb állomány alakítható ki. Az első fejtrágyaadagot március elején, a másodikat április elején juttattuk ki. Mindkét alkalommal, igazodva a tervhez, 150-150 kg/ha dózissal dolgoztunk. A megcélzott 6 t/hektáros eredményt nem sikerült elérni, a termésátlag 4,8 t/ha lett.

A következő talajmintavételre 2021 tavaszán került sor, kukorica vetése előtt, immár osztott táblákon. Ezalkalommal is 1 db mintát adtunk le az öthektáros területéről, melyet a HL-LAB Környezetvédelmi és Talajvizsgáló Laboratóriumban elemeztek, ahol a következő eredmények születtek:

Tábla	0147/10	
Terület	5,12	
pH (KCl)	8,11	gyengén lúgos
Kötöttség	43	agyagos-vályog
Össz. só	0,02	alacsony sótartalmú
CaCO₃	24,2	erősen meszes
Humusz	2,5	igen jó
NO₃-N	9	jó
P₂O₅	65	gyenge
K₂O	137	igen gyenge

6. táblázat - Talajvizsgálati eredmény 1. tábla - 2021

Ez egy szűkített talajvizsgálat volt a 2016-os verzióhoz képest, azonban számunkra elégséges képet ad talajaink ellátottságáról, segítségével már tudunk számításokat végezni. A két mintavétel más-más helyről származik és nagy eltéréseket mutat, igaz eltelt 5 év és a területek kimérésekor is valamivel odébb kerültek a táblák. Ennél a vizsgálatnál nem kértünk tápanyagutánpótlási tervet, azt magam készítettem el a dolgozat témájául szolgáló őszi búza kultúrára.

Mint említettem, az 1. táblán 2021-ben takarmánykukorica, majd 2022-ben őszi árpa volt a főnövény, végül 2022 őszen került elvetésre a búza. A tápellátottság számításánál a talajvizsgálati eredmény mellett figyelembe vettem a lekerülő növény, az őszi árpa által visszamaradó tápanyagokat. Az őszi árpa 1t tömegű szemterméséhez és a vele járó melléktermés előállításához szükséges tápanyagmennyiség a 7. táblázatban látható.

Árpa	Σ	Szem	Szár
	kg/t	kg/t	kg/t
Nitrogén	29	25	4
Foszfor	10	8	2
Kálium	26	16	10
Magnézium	4	2	2

7. táblázat - Őszi árpa tápanyagigény

6t/hektáros átlagtermés esetén a következőképp alakult:

Árpa	Σ	Szem 6t	Szár
	kg	kg	kg
Nitrogén	174	150	24
Foszfor	60	48	12
Kálium	156	96	60
Magnézium	24	12	12

8. táblázat - Őszi árpa tápanyagigény 6 t/ha szemtermés esetén

A nitrogénnel - mint visszamaradó tápanyaggal - nagyfokú mobilitása miatt nem tudunk számolni, mint visszamaradó tápanyaggal, így számításaim során csak a másik két fő makroelem, a foszfor és a kálium mennyiségét veszem figyelembe.

Foszfor:

- 2021-es talajvizsgálati eredmény alapján: 65 mg/kg, tehát gyenge tápanyagellátottságú,
- Őszi árpa után visszamaradó: 12 kg/ha

Kálium:

- 2021-es talajvizsgálati eredmény alapján: 137 mg/kg, ami az igen gyenge tápanyagellátottságú kategóriába sorolandó,
- Őszi árpa után visszamaradó: 84 kg/ha

Őszi búzából a célom 7 t/ha átlagos terméseredmény elérése volt, amihez szükséges tápanyagmennyiséget a következő táblázat mutatja:

Búza	Σ	Szem 7t	Szár
	kg	kg	kg
Nitrogén	203	175	28
Foszfor	70	56	14
Kálium	119	42	63
Kalcium	42	42	0
Magnézium	28	14	14

9. táblázat - Őszi búza tápanyagigény 7 t szemtermés esetén

Figyelembevéve az őszi árpa után visszamaradó tápanyagmennyiséget a tápanyagigény a két fő makroelemből a következőképp alakul:

- Foszfor: $70 - 12 = 58 \text{ kg/ha}$
- Kálium: $119 - 60 = 59 \text{ kg/ha}$

A vetés előtti őszi alaptrágyaként kijuttatott tápanyag komplex hatóanyagú NPK 10-26-26 + 5 SO₃ műtrágya volt, amelynél 100 kg fő tápanyagtartalma:

- N (nitrogén) – 10 kg/100kg
- P (foszfor) – 26 kg/100kg
- K (kálium) – 26 kg/100kg
- S (kén) – 5 kg/100kg

Az egy hektárra eső műtrágyadózis meghatározásához a foszfort és a káliumot vettem alapul, ezek szerint:

- Foszfor: $58 \text{ kg/ha} / 26 \text{ kg/100kg} = 2,23 * 100 / \text{ha} = 223 \text{ kg/ha}$
- Kálium: $59 \text{ kg/ha} / 26 \text{ kg/100kg} = 2,27 * 100 / \text{ha} = 227 \text{ kg/ha}$

A kapott értékek közepes tápanyagellátottságú talajokra vonatkoznak, a tárgyalt tábla azonban „gyenge” foszfor és „igen gyenge” káliumellátottságú, így ennél több műtrágya felhasználására volt szükség, az 1. táblára kijuttatott alaptrágya mennyisége végül 350 kg/ha lett. Az így kijuttatott tápanyagmennyiség pedig:

- N (nitrogén) – 35 kg/ha
- P (foszfor) – 91 kg/ha
- K (kálium) – 91 kg/ha
- S (kén) – 17,5 kg/ha

A komplex műtrágya ára 2022 őszén 335.000 Ft + Áfa volt tonnánként,

- a területre felhasznált mennyiség $5,12 \text{ ha} * 350 \text{ kg/ha}$, azaz 1,792 tonna volt,
- melynek összköltsége $1,792 \text{ t} * 335.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 762.406,4 \text{ Ft}$,
- hektárköltsége $762.406,4 \text{ Ft} / 5,12 \text{ ha} = 148.907,5 \text{ Ft/ha}$ volt.

Ezzel a szükséges foszfor, kálium és kénmennyiség ki lett elégítve, nitrogénből a fennmaradó tápanyagmennyiség a teljes nitrogénszükséglet – az őszi alaptrágyával kijuttatott nitrogénmennyiség, vagyis: $203 \text{ kg} - 35 \text{ kg} = 168 \text{ kg}$ lenne hektáronként.

Tavasszal 27% nitrogéntartalmú MAS 27 (Mész-ammon-salétrom) műtrágyával történt a fejtrágyázás, ebből a számítások szerint $168 \text{ kg/ha} / 27 \text{ kg/100kg} = 6,22 * 100 / \text{ha} = 622,23 \text{ kg/ha}$ mennyiséget kellett volna kijuttatni.

Ökölszabály szerint őszi búza esetében a szükséges nitrogénmennyiség 30-40%-át őszi, 60-70%-át tavasszal kell kijuttatni, így következtetesként levonható, hogy őszi

kevés nitrogén került kiszórásra, hiszen az a teljes mennyiség (203 kg/ha) csupán 17,24 százalékának felel meg a következő számítás szerint:

$$\text{Ősszel kijuttatott N} / \text{Teljes N} = 35 \text{ kg/ha} / 203 \text{ kg/ha} = 0,1724 \Rightarrow 17,24\%$$

Hogy a 30-40 : 60-70 százalékos arányt tartsam az őszi és tavaszi kijuttatás között a minél jobb hatóanyaghasznosulás érdekében, megnéztem minek a 30 százaléka az ősszel kijuttatott 35 kg/ha mennyiség; $35 \text{ kg/ha} / 0,3 = 116,67 \text{ kg/ha}$, amiből a tavaszra fennmaradó mennyiség ennek 70%-a, vagyis $116,67 \text{ kg/ha} * 0,7 = 81,67 \text{ kg/ha}$ N hatóanyag, amihez $81,67 \text{ kg/ha} / 0,27 = 302,48 \text{ kg/ha}$ MAS 27 műtrágya kijuttatása szükséges.

2023 tavaszán a számolt mennyiségű MAS műtrágyát osztottan szórtuk rá a búzatáblára két alkalommal. Az első szórásra 2023.02.18-án került sor, mivel ekkor még kellően fagyott volt az egyébként nagymennyiségű lehulló csapadéktól nedves talaj, az időjárás-előrejelzés pedig felmelegedést jósolt, így számítva a vegetáció és a bokrosodás beindulására. Az itt alkalmazott dózis 200 kg/ha volt, kijuttatást követően bő mennyiségű be-mosó csapadék érkezett és felmelegedés kezdődött.

A következő fejtrágyázás 2023.03.04-én történt, mivel a végéhez közeledett a bokrosodási fázis és kezdetét vette a szárba indulás. Ekkor 150 kg/ha dózissal szórtam le a táblát, majd a folyamatot hengerezés követte a kijuttatott műtrágya sekély bedolgozásának, a fagytól fellazult föld visszatömörítésének és a búza bokrosodásának elnyújtása céljából. Az így összesen kijuttatott nitrogénmennyiség tehát:

1. Őszi alaptrágyázással: 35 kg/ha,
2. 1. tavaszi fejtrágyázással: $200 \text{ kg/ha} * 0,27 = 54 \text{ kg/ha}$,
3. 2. tavaszi fejtrágyázással: $150 \text{ kg/ha} * 0,27 = 40,5 \text{ kg/ha}$,

vagyis **129,5 kg/ha**, ami a tápanyagigény szerint körülbelül **4,5 t/ha** átlagterméshez lenne csak elegendő, azonban a nitrogénműtrágyák magas ára miatt nem szerettük volna tovább növelni ezt a mennyiséget.

Az összes fejtrágyaként kijuttatott MAS 27 műtrágyamennyiség tehát 350 kg/ha lett, a műtrágyát egy 2022-es akció alkalmával vásároltuk 280.000 Ft + Áfa / tonna áron, így a

- a területre felhasznált mennyiség $5,12 \text{ ha} * 350 \text{ kg/ha}$, azaz 1,792 tonna volt,
- melynek összköltsége $1,792 \text{ t} * 280.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 637.235,2 \text{ Ft}$,
- hektárköltsége $637.235,2 \text{ Ft} / 5,12 \text{ ha} = \mathbf{124.460 \text{ Ft/ha}}$ volt.

Az utolsó tápanyagutánpótlás 2023.04.22-én történt, amikor növényvédelmi kezeléssel egy menetben Wuxal kalászos kijuttatása történt 2 l/ha dózisban, melynek összetevői a következők:

- 5% N,
- 1,8% S,
- 2,5% Cu,
- 1,5 % Mn,
- 2,5% Zn (m/m%).

A területre kijuttatott mennyiség $5,12 \text{ ha} * 2 \text{ l/ha} = 10,24 \text{ l}$ volt

- melynek összköltsége $10,24 \text{ l} * 4.200 \text{ Ft / l} = 43.008 \text{ Ft}$,
- hektárköltsége $43.008 \text{ Ft} / 5,12 \text{ ha} = \mathbf{8.400 \text{ Ft/ha}}$ volt.

Az alap-, fej- és lomb trágyázás anyagköltségei tehát:

1. NPK 10-26-26: **148.907,5 Ft/ha**
2. MAS 27: **124.460 Ft/ha**
3. Wuxal kalászos: **8.400 Ft/ha**

A tápanyagutánpótláshoz vásárolt inputanyagra fordított teljes összeg ezek összege, vagyis **281.767,5 Ft/ha** volt.

3.2 Tápanyagutánpótlási terv készítése 2. táblára

2021-ben az 1. táblával egyidőben történt a talajmintavétel erről a tábláról is, tavasszal szintén kukorica került a földbe. A talajvizsgálati eredményt a 10. táblázat mutatja.

Tábla	0147/11	
Terület	3,80	
pH (KCl)	8,08	gyengén lúgos
Kötöttség	45	agyagos-vályog
Össz. só	0,02	alacsony sótartalmú
CaCO₃	21,3	erősen meszes
Humusz	2,5	igen jó
NO₃-N	17	jó
P₂O₅	81	gyenge
K₂O	132	igen gyenge

10. táblázat - Talajvizsgálati eredmény 2. tábla - 2021

A kapott eredmények nem mutatnak nagy eltérést az 1. táblához képest, mivel a mintavételi pontok meglehetősen közel, körülbelül 50 méterre voltak egymástól.

2022-ben napraforgó volt a főnövény, majd 2022 őszén került elvetésre a búza az 1. táblával egyidejűleg. A tápellátottság számításánál a talajvizsgálati eredmény mellett figyelembe vettem itt is a lekerülő növény által visszamaradó tápanyagokat. A napraforgó 1 t tömegű szemterméséhez és a vele járó melléktermés előállításához szükséges tápanyagmennyiség a 11. táblázatban látható.

Napraforgó	Σ	Kaszat	Szár
	kg/t	kg/t	kg/t
Nitrogén	49	29	20
Foszfor	34	16	18
Kálium	97	24	73
Kalcium	24	24	0
Magnézium	13	6,6	6,4
Kén	10	10	0

11. táblázat - Napraforgó tápanyagigény

A napraforgóból 2,4 t átlagtermést arattunk 2022 szeptemberében, a következő táblázat megmutatja ebben az esetben, hogy alakult a tápanyagellátottság.

Napraforgó	Σ	Kaszat	Szár
	kg/t	kg/t	kg/t
Nitrogén	122,5	72,5	50
Foszfor	85	40	45
Kálium	242,5	60	182,5
Kalcium	60	60	0
Magnézium	32,5	16,5	16
Kén	25	25	0

12. táblázat - Napraforgó tápanyagfelvétel 2,5 t kaszattermés esetén

Foszfor:

- 2021-es talajvizsgálati eredmény alapján: 81 mg/kg, tehát gyenge tápanyagellátottságú,
- Napraforgó után visszamaradó: 45 kg/ha

Kálium:

- 2021-es talajvizsgálati eredmény alapján: 132 mg/kg, ami az igen gyenge tápanyagellátottságú kategóriába sorolandó,
- Napraforgó után visszamaradó: 182,5 kg/ha

Őszi búzából itt 6 t/ha átlagos terméseredmény elérése lett kitűzve, amihez szükséges tápanyagmennyiséget a következő táblázat mutatja:

Búza	Σ	Szem 6t	Szár
	kg	kg	kg
Nitrogén	174	150	24
Foszfor	60	48	12
Kálium	102	36	54
Kalcium	36	36	0
Magnézium	24	12	12

13. táblázat - Őszi búza tápanyagigény 5 t szemtermés esetén

Figyelembevéve a napraforgó után visszamaradó tápanyagmennyiséget a tápanyagigény a két fő makroelemből a következőképp alakul:

- Foszfor: $60 - 45 = \mathbf{15 \text{ kg/ha}}$
- Kálium: $102 - 182,5 = \mathbf{-80,5 \text{ kg/ha}}$

Mint látható, a napraforgó erősen tápanyagigényes növény, sokszor nevezik talajzsarlónak is, azonban a táblán maradt szármaradvány jelentős tápanyagkészlettel rendelkezik. Az egyenletek szerint káliumutánpótlásra nem is lenne szükség, foszforra is csak csekély mértékben, azonban a napraforgó egy viszonylag későn lekerülő előveteménye az őszi búzának, így nem áll rendelkezésre elegendő idő a szármaradványok lebomlására, ezzel a tápanyagok feltáródására, ezért az utána visszamaradó elemekkel az őszi szezonban nem érdemes számolni, azok inkább tavasztól kezdenek az új növény számára felvehetővé válni.

A vetés előtti őszi alaptrágyaként kijuttatott tápanyag komplex hatóanyagú NPK 10-26-26 + 5 SO₃ műtrágya volt, amelynél 100 kg fő tápanyagtartalma:

- N (nitrogén) – 10 kg/100kg
- P (foszfor) – 26 kg/100kg
- K (kálium) – 26 kg/100kg
- S (kén) – 5 kg/100kg

Az egy hektárra eső műtrágyadózis meghatározásához a foszfort és a káliumot vettem alapul, ezek szerint:

- Foszfor: $60 \text{ kg/ha} / 26 \text{ kg/100kg} = 2,31 * 100 / \text{ha} = 231 \text{ kg/ha}$
- Kálium: $102 \text{ kg/ha} / 26 \text{ kg/100kg} = 3,92 * 100 / \text{ha} = 392 \text{ kg/ha}$

A kapott értékek nem veszik figyelembe a lekerülő napraforgó által hátrahagyott tápanyagokat, ezért számítva azok tavasztól való részleges rendelkezésre állására, nem juttatuk ki az itt kiszámolt mennyiséget, káliumra vetítve csupán annak felét. Ennek következtében a 2. táblára kijuttatott alaptrágya mennyisége 200 kg/ha lett. Az így kijuttatott tápanyagmennyiség pedig:

- N (nitrogén) – 20 kg/ha
- P (foszfor) – 52 kg/ha
- K (kálium) – 52 kg/ha
- S (kén) – 10 kg/ha

A komplex műtrágya ára 2022 őszén $335.000 \text{ Ft} + \text{Áfa}$ volt tonnánként,

- a területre felhasznált mennyiség $3,8 \text{ ha} * 200 \text{ kg/ha}$, azaz $0,76 \text{ tonna}$ volt,
- melynek összköltsége $0,76 \text{ t} * 335.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 323.342 \text{ Ft}$,
- hektárköltsége $323.342 \text{ Ft} / 3,8 \text{ ha} = \mathbf{85.090 \text{ Ft/ha}}$ volt.

Ezzel a szükséges foszfor, kálium és kénmennyiség ki lett elégítve, nitrogénből a fennmaradó tápanyagmennyiség a teljes nitrogénszükséglet – az őszi alaptrágyával kijuttatott nitrogénmennyiség, vagyis: $174 \text{ kg} - 20 \text{ kg} = 154 \text{ kg}$ lenne hektáronként.

Tavasszal ezen a táblán 26% nitrogéntartalmú és 13% kéntartalmú DASA (ammónium-nitrát és az ammóniumsulfát kettős sója), majd 27% nitrogéntartalmú MAS 27 (Mész-ammon-salétrom) műtrágyával történt a fejtrágyázás. Előbbiből 200 kg/ha , utóbbiból 100 kg/ha kijuttatásra hektáronként. Ezek nitrogéntartalma:

1. tavaszi fejtrágyázás: $200 \text{ kg/ha} * 0,26 = 52 \text{ kg/ha}$
2. tavaszi fejtrágyázás: $100 \text{ kg/ha} * 0,27 = 27 \text{ kg/ha}$

, ami összesen 79 kilogrammnak felel meg hektáronként. Ez közel fele a szükséges mennyiségnek, illetve az ökölszabályként említett $30-40 : 60-70$ százalékos arálynak sem felel meg, mivel az a következőként alakulna:

Ősszel kijuttatott N / Teljes N = $20 \text{ kg/ha} / 174 \text{ kg/ha} = 0,1149 \Rightarrow 11,49\%$

Ha megnézzük minek a 30 százaléka az őszi kijuttatott 20 kg/ha mennyiség; $20 \text{ kg/ha} / 0,3 = 66,67 \text{ kg/ha}$, amiből a tavaszra fennmaradó mennyiség ennek $70\%-a$, vagyis $66,67 \text{ kg/ha} * 0,7 = 46,67 \text{ kg/ha}$ N hatóanyag lett volna, ami viszont már nagyon kevés egy átlagos termés kialakításához is.

Az őszi alaptrágyával így mindösszesen **99 kg/ha nitrogén** hatóanyag került kijuttatásra, ami körülbelül **$3,5 \text{ t/ha}$** terméshez elegendő a táblázat szerint.

2023 tavaszán az 1. táblánál említett időpontokban a fent leírt módszer szerint kerültek a tápanyagok kijuttatásra, majd a 2. fejtrágyázási folyamatot itt is bokrosító hengerezés követte.

A tavaszi fejtrágyaként kijuttatott nitrogénműtrágya költségek a következő szerint alakultak:

1. DASA 200 kg/ha, ára 295.000 Ft + Áfa / t, ami 3,8 hektárra: $0,2 \text{ t} * 3,8 \text{ ha} * 295.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 0,76 \text{ t} * 295.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 284.734 \text{ Ft}$,
hektárköltsége $284.734 \text{ Ft} / 3,8 \text{ ha} = \mathbf{74.930 \text{ Ft/ha}}$,
2. MAS 27 100 kg/ha, ára 280.000 Ft + Áfa / t, ami 3,8 hektárra: $0,1 \text{ t} * 3,8 \text{ ha} * 280.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 0,38 \text{ t} * 280.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{t} = 135.128 \text{ Ft}$,
hektárköltsége $135.128 \text{ Ft} / 3,8 \text{ ha} = \mathbf{35.560 \text{ Ft/ha}}$.

Ez összesen **110.490 Ft/ha**.

Az utolsó tápanyagutánpótlás itt is 2023.02.22-én történt, amely során szintén Wuxal kalászos kijuttatása történt 2 l/ha dózisban. A területre kijuttatott mennyiség $3,8 \text{ ha} * 2 \text{ l/ha} = 7,6 \text{ l}$ volt

- melynek összköltsége $7,6 \text{ l} * 4.200 \text{ Ft} / \text{l} = 31.920 \text{ Ft}$,
- hektárköltsége $31.920 \text{ Ft} / 3,8 \text{ ha} = \mathbf{8.400 \text{ Ft/ha}}$ volt.

Az alap-, fej- és lomb trágyázás anyagköltségei tehát:

1. NPK 10-26-26: **85.090 Ft/ha**
2. DASA: **74.930 Ft/ha**
3. MAS 27: **35.560 Ft/ha**
4. Wuxal kalászos: **8.400 Ft/ha**

A tápanyagutánpótláshoz vásárolt inputanyagra fordított teljes összeg ezek összege, vagyis **203.980 Ft/ha** volt.

4. ŐSZI BÚZA, VETŐMAG, ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIA BE-MUTATÁSA

Az őszi búza (*Triticum aestivum*) nagyon fontos szerepet tölt be a mezőgazdaságban, mivel rendkívül értékes táplálék állat és ember számára egyaránt. Az őszi búza sokféle módon felhasználható az élelmiszeripartól a takarmányozáson keresztül az ipari alkalmazásokig. Itt van néhány módja, hogyan használják fel az őszi búzát: [11]

- Lisztgyártás: legelterjedtebben a liszt előállítására használják. A kenyér, tészta, péksütemények és más pékáruk alapanyaga lehet. A búzaliszt különböző típusokban kapható, beleértve a kemény búzalisztet, a puha búzalisztet és a durum-lisztet.
- Élelmiszeripar: számos élelmiszeripari termékben felhasználható, például gabonapelyhek, müzlik, sütemények, kekszek és egyéb cukrásztermékek előállításában.
- Állattenyésztés: lehet állati takarmány alapanyaga is. A takarmányok részeként használva hozzájárulhat a baromfi, sertés és más állatok kiegyensúlyozott táplálkozásához.
- Alkoholgyártás: felhasználhatják az alkoholgyártásban is, például sörfőzésnél vagy a vodka előállításához.
- Élelmiszer- és Takarmányipari Alapanyagok: Az őszi búza számos élelmiszer- és takarmányipari alapanyagként is szolgálhat, beleértve a keményítőt, a glukózt és az élelmirostokat.
- Energiaforrások: Néhány országban élelmiszeripari melléktermékként kerül felhasználásra bioüzemanyagok előállítására.
- Ipari Alkalmazások: használhatják ipari alkalmazásokban is, például papírgyártásban, textiliparban vagy az építőiparban.
- Export és Kereskedelem: az élelmiszeriparon kívül jelentős export- és kereskedelmi termék is lehet, és részt vehet a nemzetközi gabonakereskedelmi- és élelmiszeripari láncokban.

A búza egyszikű, egynyári, egyszer termő növény, életciklustól függően lehet őszi, tavaszi vagy járó búza. A növény fenológiai fázisai a következők:

1. Kelés: Csírázás kezdetétől a kelés befejezéséig tart, amely vetéstől számítva körülbelül 12-14 nap.
2. Bokrosodás: Kelés után nagyjából 15-25 nap múlva, az első mellékhajtás megjelenésétől a szárbaindulásig tart, időtartama kb 50-60 nap. Mértékét az egy növényre eső hajtásszámmal határozhatjuk meg.

3. Szárbaindulás: 40-60 napig tart, első kitapintható nódusz megjelenésétől a kalászosulás kezdetéig tartó szakasz, a vegetatív szervek intenzív növekedése zajlik le ekkor. A tenyészőkúpon lezajlik a kalászkák differenciálódása és kialakulnak a virágok.
4. Kalászhányás: Első kalász megjelenésétől a teljes kalászosulásig tart, végbemegy a virágok redukciója és kialakul a termékenyülő virágok száma. A fejlett kalász kitolódik a levélhüvelyből nagyjából május végén, ami 4-9 napig tart.
5. Virágzás: Az első portokoknak a kalászkákból való kilépésétől a kalászkák elvirágzásáig tartó időszak. Megporzása lehet önmegporzás, szomszédporzás és idegenporzás.
6. Érés: Négy fokozata van:
 - a. zöld, vagy tejes érés, ahol a termés zöld, belseje fehér, a tábla még zöld, de a szarak már sárgulnak, a szem elérte végső méretét, víztartalmuk 50%,
 - b. viasz, vagy sárga érés során a levelek is elsárgulnak, a szemek víztartalma 20-25%,
 - c. teljes érés esetén a nedvességtartalom 13-15%-ra csökken és megszűnik a táplálóanyagok vándorlása,
 - d. holtérés akkor következik csak be, ha a gabonát nem aratják le időben, ilyenkor a kalász törékeny lesz, a szemek kiperegnek, a minőség pedig romlik. [11]

4.1 Őszi búza vetőmag bemutatása

Mindkét területre a Martonvásárhelyen előállított MV Genius nevű őszi búzafajtát vetettük el. A vetőmag kiválasztásánál fontos szempont, hogy milyen típusú talajokra ajánlja a gyártó. Bana környékén több hivatalos fajtakísérletet is végzett a cég ezzel a típusú búzával és rendkívül jó terméseredményeket értek el vele kiemelkedő minőség mellett. Nincs megkötve nála a talajtípus, minden termőhelyre ajánlják intenzív és extenzív technológiához egyaránt. A magas termőképesség mellett fontos számomra, hogy mennyire ellenálló a különböző betegségekkel szemben, mennyire bírja a téli fagyokat, illetve a tavasszal egyre inkább jellemző szárazságot. Fontos továbbá, hogy a növénymagasság ne legyen túl nagy, ez ugyanis elősegíti annak megdőlését, ami megnehezíti a növényvédelmet, a száradást és a betakarítást. A növény főbb jellemzői a következő ábrán láthatók: [12]

kalászás	
érés	
télállóság	
szárazságtűrés	

VETÉS:

javasolt vetésidő	szeptember vége - október közepe
vetési norma	3,5 - 4,0 millió mag/ha

ÁLLOMÁNYJELLEMZŐK:

növénymagasság	
állóképesség	
szárcsökkentő használata	általában nem szükséges

BETEGSÉG ELLENÁLLÓSÁG:

lisztharmat	
fuzárium	
DTR	
szeptóriás levélfoltosság	
rozsdá	

5. ábra - Genius őszi búza fajtajellemzők [12]

Télállósága és szárazságtűrése nagyon kedvező értéket mutatott, míg a növény magassága is közepesnek mondható, ami által jelentősen csökkenthető a megdőlés veszélye, mégis kellő mennyiségű szármaradványt termel, amely összeaprítva javítja a talaj szerkezetét. Felénk a lisztharmat és a vörösrózsa a legjellemzőbb gabonabetegség, mint látható, ez a fajta nagymértékben ellenáll ezeknek.

Kedvező tulajdonságai, előző éves tapasztalatok és alacsony ára miatt esett a választásunk erre az őszi búza fajtára. Vetési normája a vetőmag előállító üzem szerint 180-220 kg/ha, ára 240.500 Ft + Áfa / tonna volt.

Az 1. táblát a maximális, 220 kg/ha dózissal, míg a 2. táblát a minimális, 180 kg/ha dózissal vetettük el. A költségek így a következő módon alakultak:

1. tábla vetőmagköltsége: $220 \text{ kg/ha} * 240.500 \text{ Ft} + \text{Áfa} / t = 67.195,7 \text{ Ft/ha}$, teljes területre $5,12 \text{ ha} * 67.195,7 \text{ Ft/ha} = 344.042 \text{ Ft}$ volt
2. tábla vetőmagköltsége: $180 \text{ kg/ha} * 240.500 \text{ Ft} + \text{Áfa} / t = 54.978,3 \text{ Ft/ha}$, teljes területre $3,8 \text{ ha} * 54.978,3 \text{ Ft/ha} = 208.917,54 \text{ Ft}$ volt

4.2 Alkalmazott technológia

Búza esetében forgatás nélküli talajművelést alkalmazunk annak érdekében, hogy minél kevésbé szárítsuk a talajt, a lehető legtöbb nedvességet megőrizzük, ne zavarjuk a szükségesnél nagyobb mértékben a talajéletet és nem utolsósorban műveletszámot és költséget takarítsunk meg.

4.2.1 Tárcsázás

Az 1. tábla előveteménye őszi árpa volt, melyet 2022.06.26-án takarítottunk be 6 t/ha átlagterméssel. Betakarítást követően egy sekély tarlóhántást alkalmaztam 5 cm mélységben, majd 4 hét múlva tarlóápolást végeztem 10 cm mélységben egy 3 méter munkaszélességű, vontatott kivitelű, 560 mm átmérőjű lapokkal és rögtörőhengerrel ellátott V elrendezésű tárcsa segítségével, mely a következő képen látható.



6. ábra - Vontatott V-tárcsa

A fent említett műveletek még az őszi árpa termesztéséhez tartoznak, de a búzához tartozó első művelet, a talajelőkészítés mindkét táblán szintén ezzel a tárcsával történt 10 cm munkamélységben 2022.10.01-én. Ezzel megtörtént a terület gyommentesítése és termínálásra kerültek az árpa után kelő árvakelések is. Tárcsázás során az átlagos üzemanyagfogyasztás 10 l/ha környékén alakul, tehát az üzemanyagköltség az akkori 480 Ft/l-el számolva $10 \text{ l/ha} \cdot 480 \text{ Ft/l} = 4.800 \text{ Ft/ha}$ volt. Ehhez még hozzájön a kenőanyagköltség és a gépkopás, így a művelet hektárköltsége munkadíj nélkül körülbelül **6.000 Ft/ha**.

4.2.2 Műtrágyaszórás

A következő feladat az őszi alaptrágyázás volt, melyet a már említett kéttárcsás műtrágyaszóróval (7. ábra) végeztem 2022.10.14-én.



7. ábra - Műtrágyaszóró

A művelet során a 700 kg-os műtrágyás zsákok felemeléséhez szükség van egy rakodógépre, amely üzemeltetése többletköltséggel jár. Műtrágyaszóráskor körülbelül 2 l/ha a dolgozó traktor gázolajfogyasztása, míg a rakodónál 1 l/ha fogyasztással lehet számolni. $3 \text{ l/ha} * 480 \text{ Ft/l} = 1.440 \text{ Ft/ha}$, a műtrágyaszórás költsége gépkopást is számolva összesen **3.000 Ft/ha**-ra jön ki.

4.2.3 Magágykészítés

Műtrágyaszórást követően 2022.10.15-én a magágy előkészítése egy 3,3 méter munkaszélességű rugókapás kombinátorral (8. ábra) történt 6 cm mélységben. A munkagép 3 sor rugóskapával 1 simítóval és 2 sor rögtörővel van felszerelve. A rugóskapák fellazítják a talajt, biztosítják a gyommentességet, a simítóvas egyenletessé teszi a megmunkált felszínt, míg a rögtörőhengerek a rögök aprításáért és a magágy lezárásáért felelősek, egy kissé tömör réteget alakítanak ki a vetés mélységében a mag lehető legjobb talajkapcsolata érdekében.



8. ábra - Rugókapás kombinátor

A traktor fogyasztása ezzel a munkagéppel 8 l/ha, az üzemanyagköltség tehát 8 l/ha * 480 Ft/l = 3.840 Ft/ha, a művelet teljes költsége **5.000 Ft/ha** volt.

4.2.4 Vetés

Az őszi búza vetésére 2022.10.16-án került sor egy 4,5 m munkaszélességű, tárcsás csoroszlyákkal és tömörítőhengerrel felszerelt vetőgép (9. ábra) segítségével. A vetés 4 cm mélységben történt az ajánlásnak megfelelően.



9. ábra - Vetés

Vetés közben a gázolajfogyasztás 5 l/ha-ra jött ki, de itt is szükség volt rakodógépre, így ez $6 \text{ l/ha} * 480 \text{ Ft} = 2.880 \text{ Ft/ha}$ üzemanyagköltséget jelent, a vetés teljes költsége pedig **6.000 Ft/ha** körül alakul.

4.2.5 Fejtrágyázás

A fejtrágyázás szintén műtrágyaszóró segítségével, szilárd műtrágyával történt ketté osztott kezelésben. Ennek költsége így $2 * 3.000 \text{ Ft/ha} = \mathbf{6.000 \text{ Ft/ha}}$ volt.

4.2.6 Bokrosító hengerezés

A hengerezésre a 2. fejtrágyázást követően került sor a kiszórt műtrágya sekély bedolgozása és a felfagyott részek visszatömörítése érdekében egy 4,5 m munkaszélességű Cambridge henger (10. ábra) segítségével. Hengerezés során a gázolajfogyasztás 3 l/ha volt, ami $3 \text{ l/ha} * 480 \text{ Ft/l} = 1.440 \text{ Ft/ha}$ üzemanyagköltségnek felel meg, a művelet teljes költsége pedig **3.000 Ft/ha** volt.



10. ábra - Bokrosító hengerezés

Az ezt követő munkákat már bér munkában készítettem, mivel nem rendelkezem a hozzájuk szükséges eszközökkel.

4.2.7 Növényvédelem

A csapadékos időjárás kedvezett a gyomok mellett a vöröszrozsda és a vetésfehérítő bogarak megjelenésének egyaránt. Az első permetezésre 2023.04.22-én került sor. Ekkor a permetező tartályába a következő vegyszerek kerültek:

- Granstar 50 SX – gyomirtó szer kétszikű gyomok ellen
 - dózis: 0,03 kg/ha
 - ár: 70.000 Ft + Áfa / kg
 - hektárköltés: $0,03 \text{ kg/ha} * 70.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{kg} = \mathbf{2.667 \text{ Ft/ha}}$

- Mospilan 20 SG – rovarölő szer vetésfehérítő bogár ellen
 - dózis: 0,15 kg/ha
 - ár: 36.000 Ft + Áfa / kg
 - hektárköltés: $0,15 \text{ kg/ha} * 36.000 \text{ Ft} + \text{Áfa} / \text{kg} = \mathbf{6.858 \text{ Ft/ha}}$

- Tebusha 25 EW – Gombaölő szer lisztharmat és vöröszsda ellen
 - dózis: 1 l/ha
 - ár: 5.905 Ft + Áfa / l
 - hektárkötség: $1 \text{ l/ha} * 5.905 \text{ Ft} + \text{Áfa} / l = \mathbf{7500 \text{ Ft/ha}}$
- Wuxal kalászos – lombtrágya, hozzá tartozó információkat a tápanyagkijuttatási fejezetben részleteztem.

A permetezés munkaköltsége **3.500 Ft/ha** volt.

Az időjárás miatt 2023.06.04-én szükségesség vált még egy kezelés vörös rozsda és vetésfehérítő bogár ellen. Az itt használt szerek a következők voltak:

- Partyzan – rovarölő szer vetésfehérítő bogár ellen
 - dózis: 0,1 l/ha
 - ár: 12.800 Ft + Áfa / l
 - hektárkötség: $0,1 \text{ l/ha} * 12.800 \text{ Ft} + \text{Áfa} / l = \mathbf{1.625,6 \text{ Ft/ha}}$
- Tebusha 25 EW – Gombaölő szer lisztharmat és vöröszsda ellen
 - dózis: 1 l/ha
 - ár: 5.905 Ft + Áfa / l
 - hektárkötség: $1 \text{ l/ha} * 5.905 \text{ Ft} + \text{Áfa} / l = \mathbf{7.500 \text{ Ft/ha}}$

A munkaköltség itt is **3.500 Ft/ha** volt.

A növényvédelmi kezelések megegyeztek mindkét táblán, azok teljes költsége a felsorolt szerek és munkaköltségek összege: **33.150 Ft/ha**

4.2.8 Betakarítás

Az aratást szintén bér munkában végeztettük 2023.07.15-én, ennek költsége **25.000 Ft/ha** volt. Sajnos nem volt lehetőség hozamtérkép készítésére, mivel a használt kombájn nincs ezzel az opcióval felszerelve. A learatott terményt mi hordtuk a leadóhelyhez, ennek költsége fuvaronként 5.000 Ft volt. Az 1. tábláról három, a 2. tábláról két fuvarral tudtuk a terményt elszállítani, így első esetben **15.000 Ft**, másodikban **10.000 Ft** volt ennek teljes költsége.

4.2.9 Tarlókántás és tarlóápolás

Az utolsó műveletek, amik ehhez a kultúrához köthetők, az őszi árpánál már említett 5 cm mély tarlókántás 2023.07.16-án, és a 2023.09.09-én végzett 10 cm mély tarlóápolás voltak. Tárcsázásnál már meghatároztam a hektárköltséget a búza talajelőkészítő műveleténél, viszont a gázolaj ára erre az időszakra közel 700 Ft/l árra emelkedett, így csak a hektáronkénti üzemanyagköltség meghaladta az akkor számolt 6.000 Ft/ha értéket. Ezzel az árral és a 10 l/ha átlagfogyasztással az üzemanyagköltség 7.000 Ft/ha-ra emelkedett, a teljes hektárköltség pedig körülbelül **8.000 Ft/ha-ra**. A két művelet energiaigénye kismértékben tér csak el egymástól, így mindkét esetben számolhatunk ezzel a költséggel.

5. DIGITÁLIS KÉPFELDOLGOZÁS

A vizsgált területekről készítettem drónnal egy légi felvételt, mely a következő képen látható.



11. ábra - Légifelvétel a kísérletről - 2023.05.21.

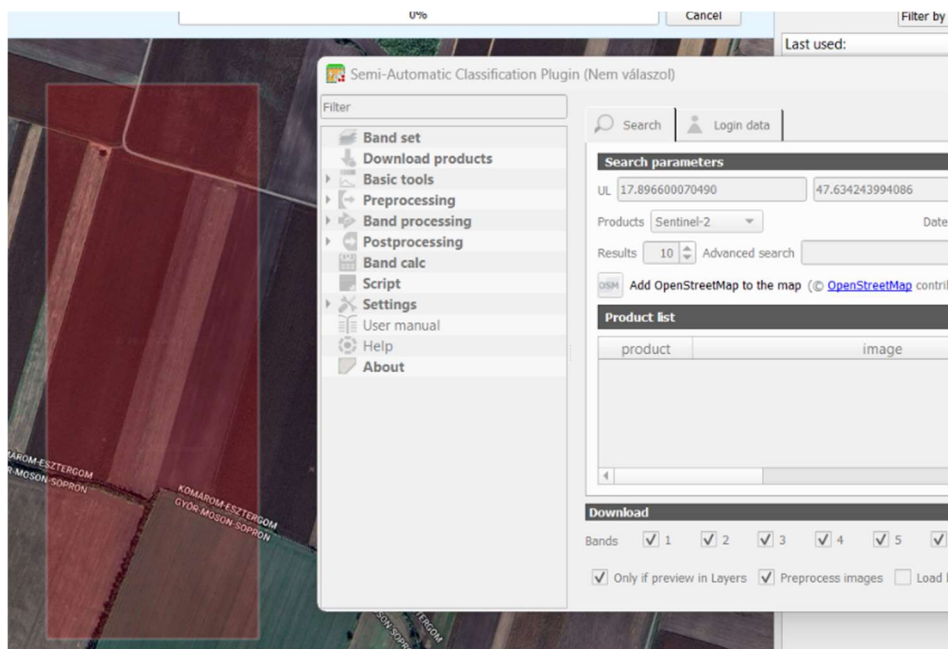
Ezen a május végi felvételen szemmel is látható a különbség a kép baloldalán található 1. tábla és a jobboldalon elhelyezkedő 2. búzatábla között. A baloldali rész sötétzöld, egyenletes állományt mutat, míg a jobboldalon sárga foltokat láthatunk az egyébként is sárgászöld állományban, mely véleményem szerint tápanyaghiány tünete lehet.

A kísérletben szereplő őszi búza fejlődésének nyomon követését távérzékelés segítségével végeztem. A műholdakról származó adatok ingyenesen hozzáférhetők mindenki számára, segítségükkel képesek vagyunk nagyterületű vegetációtérképezésre csupán néhány kattintással. A vegetáció fejlődésének megfigyelésére kiválóan alkalmas az NDVI vegetációs index. Nem csak állománysűrűséget, de a növények egészségügyi állapotát is fel tudjuk mérni segítségével, ugyanis amikor valamilyen stressz-hatás éri a növényeket -

például szárazság vagy tápanyaghiány esetén -, akkor azok anyagcseréjének intenzitása, és az ettől függő spektrális tulajdonságai is megváltoznak. [13,14]

5.1 QGIS használata műholdképek elemzéséhez

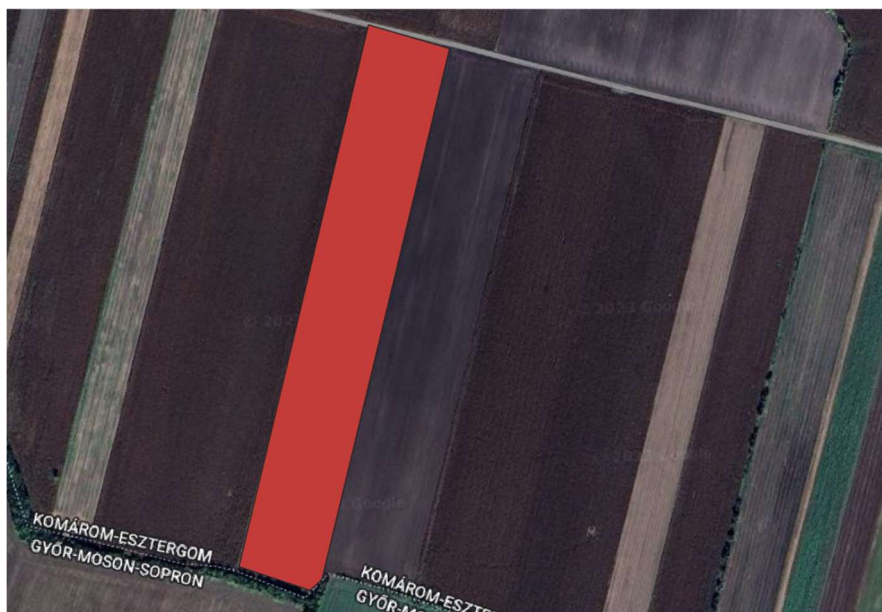
Az elemzéshez szükséges műholdfelvételeket a QuantumGIS (QGIS) nevű, nyíltforráskódú térinformatikai program segítségével töltöttem le. A programon belül telepítettem a Semi-Automatic Classification nevű modult, majd betöltöttem a Google térképét. Itt megkerestem a tárgyban szereplő mintaterületet, majd a modul segítségével kijelöltem azt a térképen belül. Beállítottam a keresési tartományt 2022 őszétől egészen a vegetáció végéig tartó időszakig, 2023 augusztusáig. A kapott Sentinel műhold által készített felvételek közül a használhatóság miatt kiválasztottam azokat, amelyeknél a alacsonyabb volt a felhőzet mértéke, majd tovább szűkítve a kört, azokat a növény fenológiai fázisait figyelembe véve az időpontokat választottam elemzésre, melyek véleményem szerint a legtöbb információval szolgálhatnak a vegetációt illetően. Letöltés során kiválasztottam az elemzéshez szükséges látható vörös (B04), zöld (B03), kék (B02) és közeli infravörös (B08) sávokat, amik segítségével ki tudtam alakítani a valós (B02, B03, B04), majd a hamis színek kompozitot (B03, B04, B08). Az 12. ábra ezt a letöltési folyamatot mutatja be.



12. ábra - Műholdfelvételek letöltése QGIS segítségével

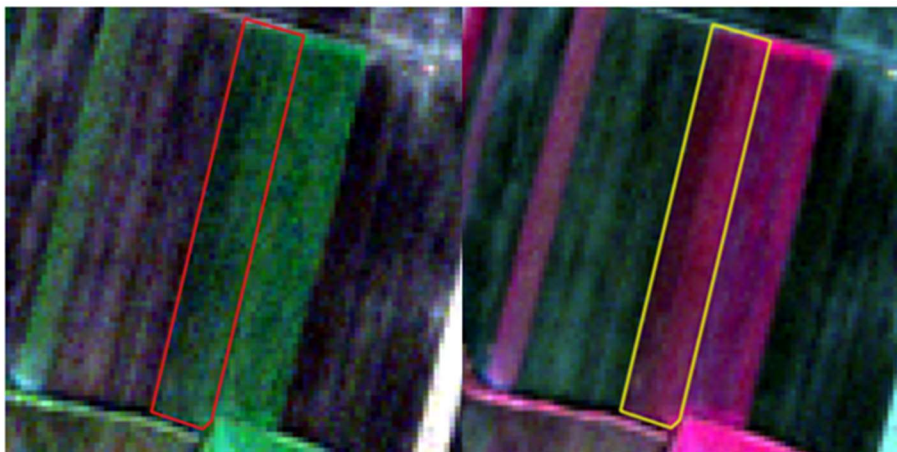
5.1.1 Adatok előkészítése (sávok, vágás, virtuális raszter)

Letöltést követően létrehoztam egy shape fájlt, melynek során kézzel kijelöltem a táblahatárt. Ez a folyamat látható a következő képen.



13. ábra - Táblahatár kijelölése

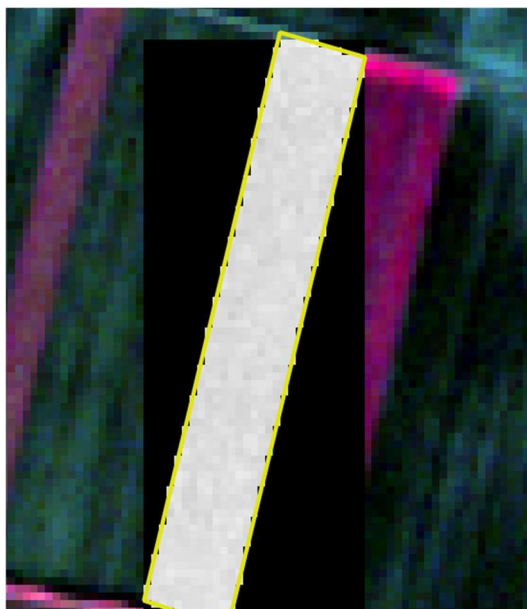
Következő lépésként előállítottam a fent említett valós és hamis színkompozitokat. (14. ábra)



14. ábra - Valós és hamis színkompozit megjelenítve

A baloldali képen látható a valós, jobboldalin a hamis színpozit, mindkét esetben jól láthatóan elkülönül egymástól a kísérletben szereplő két tábla. Számszerűsíthető adatunk azonban így még nincs a területekről, ehhez van szükségünk a már említett NDVI index alkalmazására.

Annak érdekében, hogy az indexszámítást csak arra a területre végezze el a program, amelyre kíváncsi vagyok, a „raszter vágás maszk réteggel” parancsot használtam, ahol maszk réteggént az előbb készített „táblahatár” felületet használtam, ahogy az alábbi ábrán is látszik.



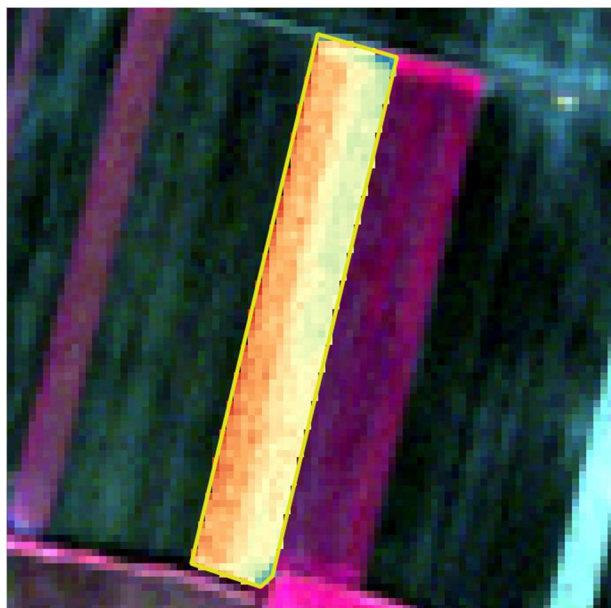
15. ábra - Raszter vágás maszk réteggel

5.1.2 NDVI indexszámítás

„A vegetációs index, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) egy dimenziómentes mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki. Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a látható vörös (RED) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa szolgáltatja. A NDVI korrelál a területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával.” [14]

Az NDVI számítására a következő képlet használatos: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, ahol „NIR” a közeli infravörös tartományt, „RED” pedig a látható vörös sugárzási tartományt jelenti. A vegetációs állapotot a különböző hullámhossz-tartományokban visszaverődő fényintenzitások mérésével állapíthatjuk meg. A nap által kibocsátott fényt a tárgyak adott hullámhosszokon különböző mértékben nyelik el és verik vissza. A növényi levelekben található klorofill molekula fotoszintézis során nagymértékben elnyeli a látható fényenergiát, az elnyelt fénynek a fotoszintézisben nem hasznosított részét közeli infravörös sugárzás formájában sugározza ki. Ennek következtében képfeldolgozás során a magasabb értékű pixelek magasabb klorofiltartalmat, ezzel sűrűbb, intenzívebb növényállományt jelentenek. Az vegetáció sűrűségével tehát az NDVI értéke is változik, a leg-sűrűbb borítottságú területeken fogjuk a legmagasabb NDVI értéket mérni. [13,14]

Raszterkalkulátor segítségével elvégeztem a számolást, az eredmény a következő képen látható.



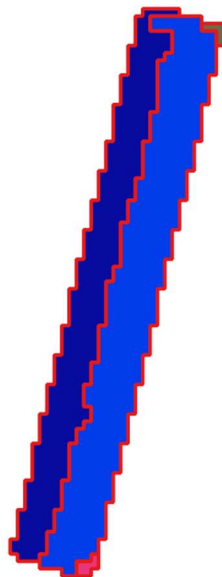
16. ábra - NDVI index

A megjelenített képen a használt színskála alapján a vörös részek a gyengébb, míg a zöldes részek az erősebb vegetációt jelzik.

5.1.3 Zónák kialakítása szegmentálással

„Szegegmentálás során a képet egymással összefüggő, homogén, a szomszédoktól elkülönülő területekre osztjuk fel” [13] A különféle szegmensekbe az egymás mellett lévő pixeleket valamilyen közös tulajdonságuk alapján soroljuk be. A beállított homogenitási kritérium nagysága szabja meg a létrejövő szegmensek nagyságát. [13]

A szegmentálást az NDVI index szerint i.segment parancs segítségével végeztem, majd következő lépésként a raszteres állományt vektorgrafikus állománnyá alakítottam a felületkészítés (raszter => vektor) parancssal, melyet a 17. ábra szemléltet.



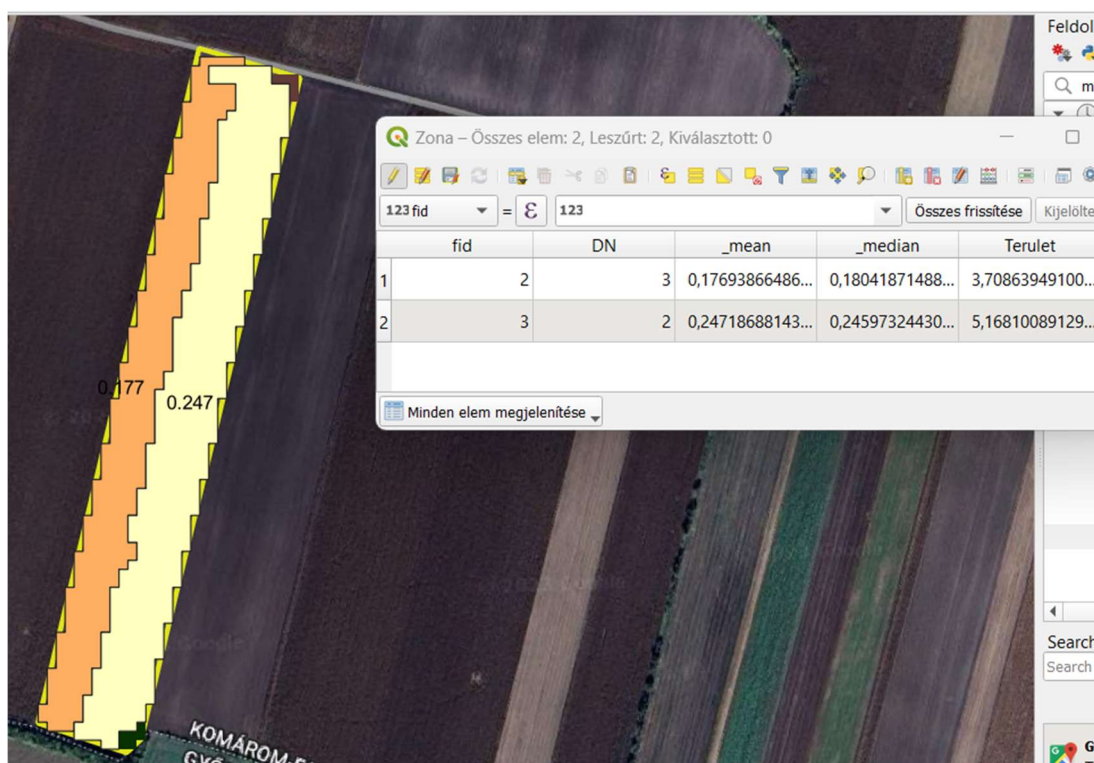
17. ábra - Szegegmentált, vektorgrafikus állomány

5.1.4 Osztályozás

Miután kialakultak a zónák, övezet statisztika parancs segítségével hozzárendeltem a szükséges értékeket, esetünkben az átlagos NDVI értékeket. Ezt követően a könnyebb behatárolás érdekében visszaállítottam a Google térkép láthatóságát, beállítottam a színskálát, és megkaptam a zónatérképet NDVI értékekkel. Létrehoztam egy osztályozást, pirostól (gyenge vegetáció) kék (erős vegetáció) színig, a terület mérete és

a beállítások miatt azonban csak 2 osztály alakult ki ami releváns számomra, a többi a terület kijelölésének pontatlanságából adódóan erdős részt és szomszédos táblát jelölnek.

A kapott eredmények a következő képeken láthatók.



18. ábra – Kész zónatérkép NDVI értékekkel és területekkel

Az elemzett felvétel 2022.12.13-án készült, a két terület között már szemmel is jól látható volt a különbség, de a digitális képfeldolgozás segítségével számszerűsített eredményt kaptam a kultúrákról. Az 1. tábla esetén az átlagos NDVI érték 0,247, a 2. esetén 0,177 volt, mely eredmény egyértelműen megfelel a kijuttatott inputanyagmennyiségeknek és a várakozásnak.

5.1.5 2. időpont elemzése QGIS programban

A 2. időpontot a fejtrágyázást követő időszakra tettem, amikor már biztosan vége a növény téli nyugalmi állapotának és a kijuttatott nitrogénműtrágya kifejtette hatását.

A legelőbbi ilyen időpont, amikor használható műholdfelvételt találtam, 2023.03.18 lett, melyen elvégezve az előzőekben bemutatott eljárást, a következő eredményt kaptam:

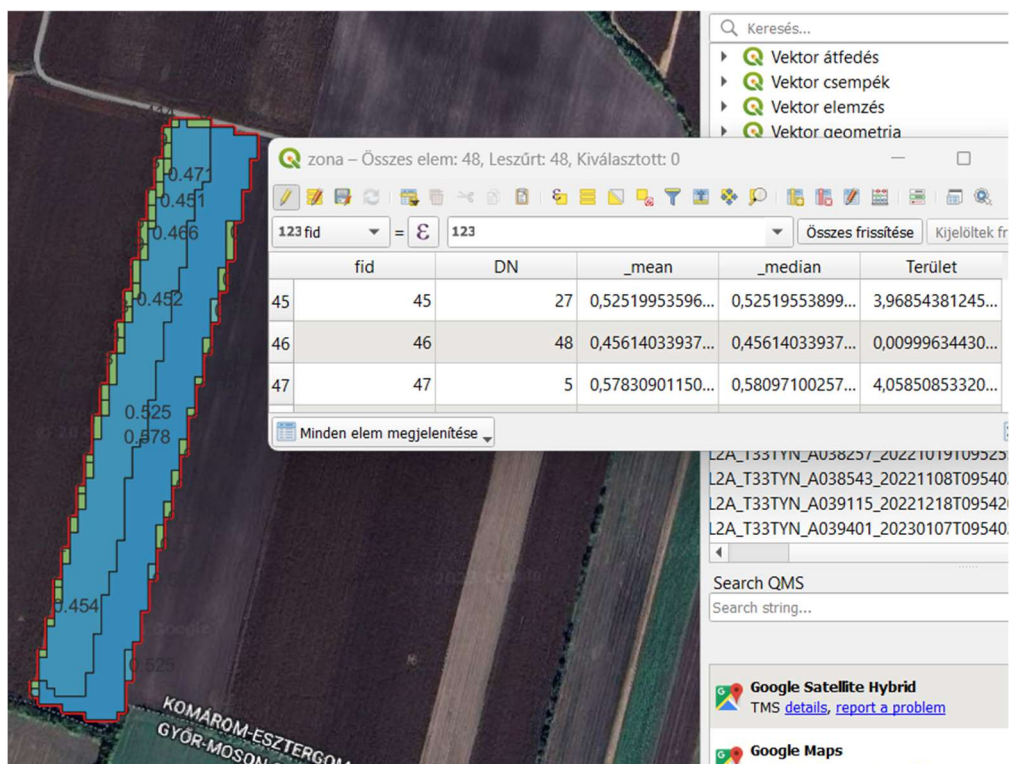


19. ábra - 2023.03.18 zónatérkép

Az NDVI érték az 1. táblán 0,293-ra, a 2. táblán 0,228-ra nőtt.

5.1.6 3. időpont elemzése QGIS programban

3. időpontnak 2023.05.22-ét választottam, mivel ez volt legközelebb a kalászosítás fázisához, amikor a legerőteljesebb vegetációt vártam. A 20. ábrán jól láthatóan a kezdeti különbségek végig kísérték a növényeket a vegetáció során, a táblákon azonban több kisebb szegmens is kialakult, melynek oka lehet a pontatlan táblakijelölés, illetve, hogy tápanyagkijuttatáskor a területek szélére kevesebb műtrágya jutott. Az 1. tábla legnagyobb részén, több mint 4 hektár területen 0,578 volt az NDVI átlagértéke, míg a 2. táblán 0,525 érték jött ki, ami már kisebb eltérést mutat az előzőekhez képest.



20. ábra - 2023.05.22 zónatérkép

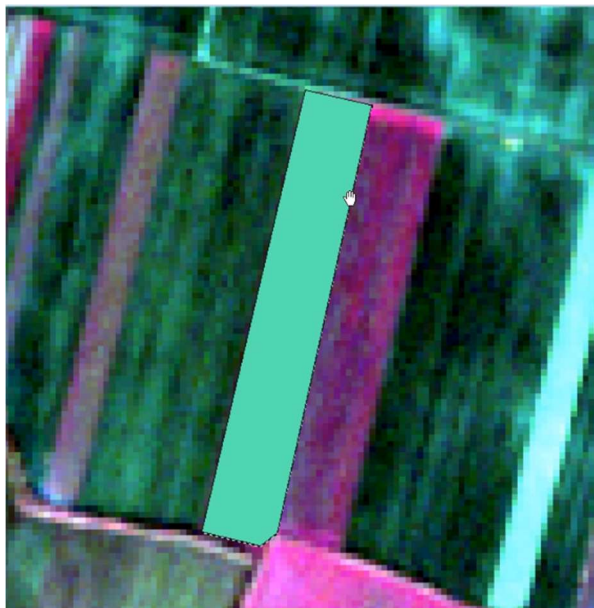
A program előnye, hogy a letöltéstől kezdve a szegmentáláson át a kész zónatérkép kialakításáig minden elvégezhető benne, hátránya viszont, hogy az elemzést minden egyes időpontra külön-külön el kell végezni, amely több időpont esetén hosszadalmas feladat lenne.

5.2 eCognition Developer használata műholdképek elemzéséhez

A Trimble által forgalmazott program segítségével a távérzékelési felvételek szegmentálása és osztályozása az összes szükséges időpontban egyszerre elvégezhető, amely nagymértékben lecsökkenti feldolgozásához szükséges időt. Hátránya azonban, hogy az általam használt verziója nem ismer fel minden, e témakörben használatos fájlformátumot, így a felvételek előkészítéséhez más programokra is szükségem volt.

A felvételeket QGIS segítségével az előző fejezetben kifejtett módon letöltöttem, majd az itt kapott JP2 típusú fájlokat TIF kiterjesztésre konvertáltam.

A következő lépés egy újabb térinformatikai programban, az IDRISI-ben az elkészült TIF fájlok importálása, a vizsgált terület kivágása a térképről, majd a már beszélt valós és hamis színek kompozitok előállítása, végül a táblahatár kijelölése volt, mely folyamat egy része a következő ábrán látható. Az elkészült színek kompozitokat rst, míg a táblahatárt shp kiterjesztésben mentette el a program.



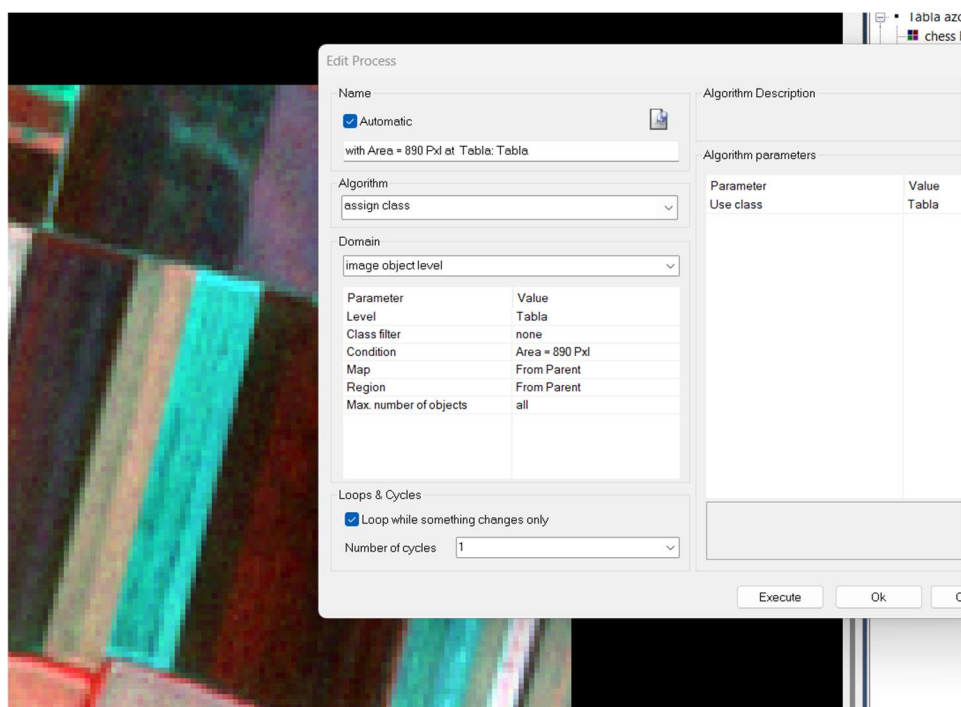
21. ábra -Tábla digitalizálása IDRISI programban

Miután a fájlokat előkészítettem, kezdődhetett a képelemzések vizsgálata az eCognition programban.

5.2.1 Tábla azonosítása

A fájlok beolvasását követően a tábla azonosítását a Chessboard Segmentation nevű algoritmussal végeztem. Az objektum méretét a vizsgált terület pixelszámánál nagyobbra állítottam, pixel szinten végeztem az elemzést és beállítottam a tematikus térkép használatát, ezzel sikerült a tábla kontúrjának azonosítása a felvételen.

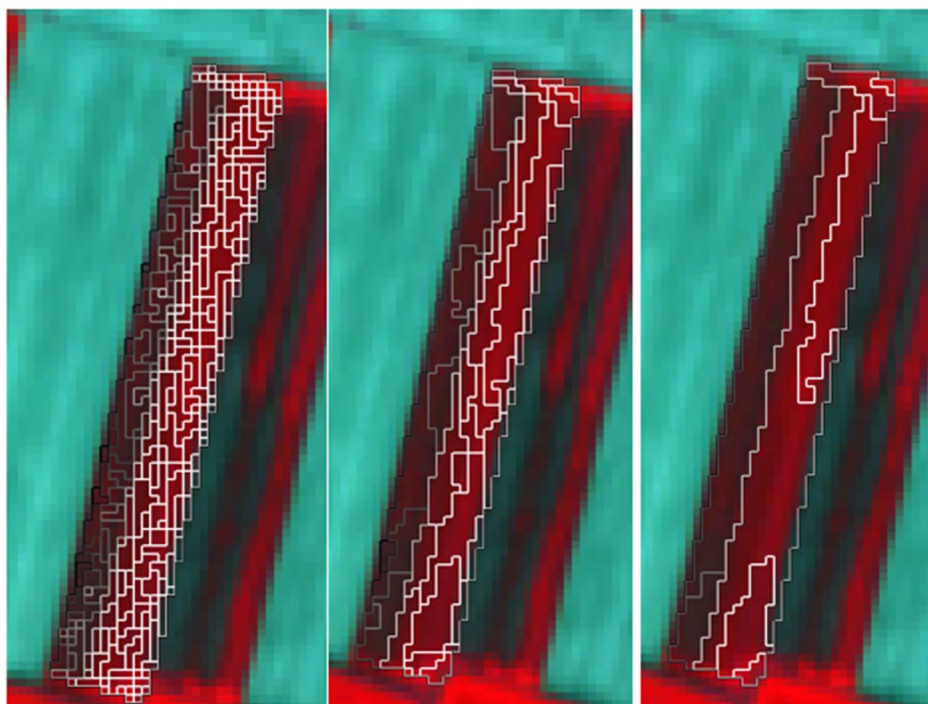
Következőnek létrehoztam egy új tábla osztályt, amit hozzárendeltem a térképen található táblához. Az osztályozás során az Assign class algoritmust futtattam objektum szinten (22. ábra), osztálynak pedig a táblát adtam meg, melynek területe 890 pixel volt.



22. ábra - Tábla azonosítása

5.2.2 Szegmentálás

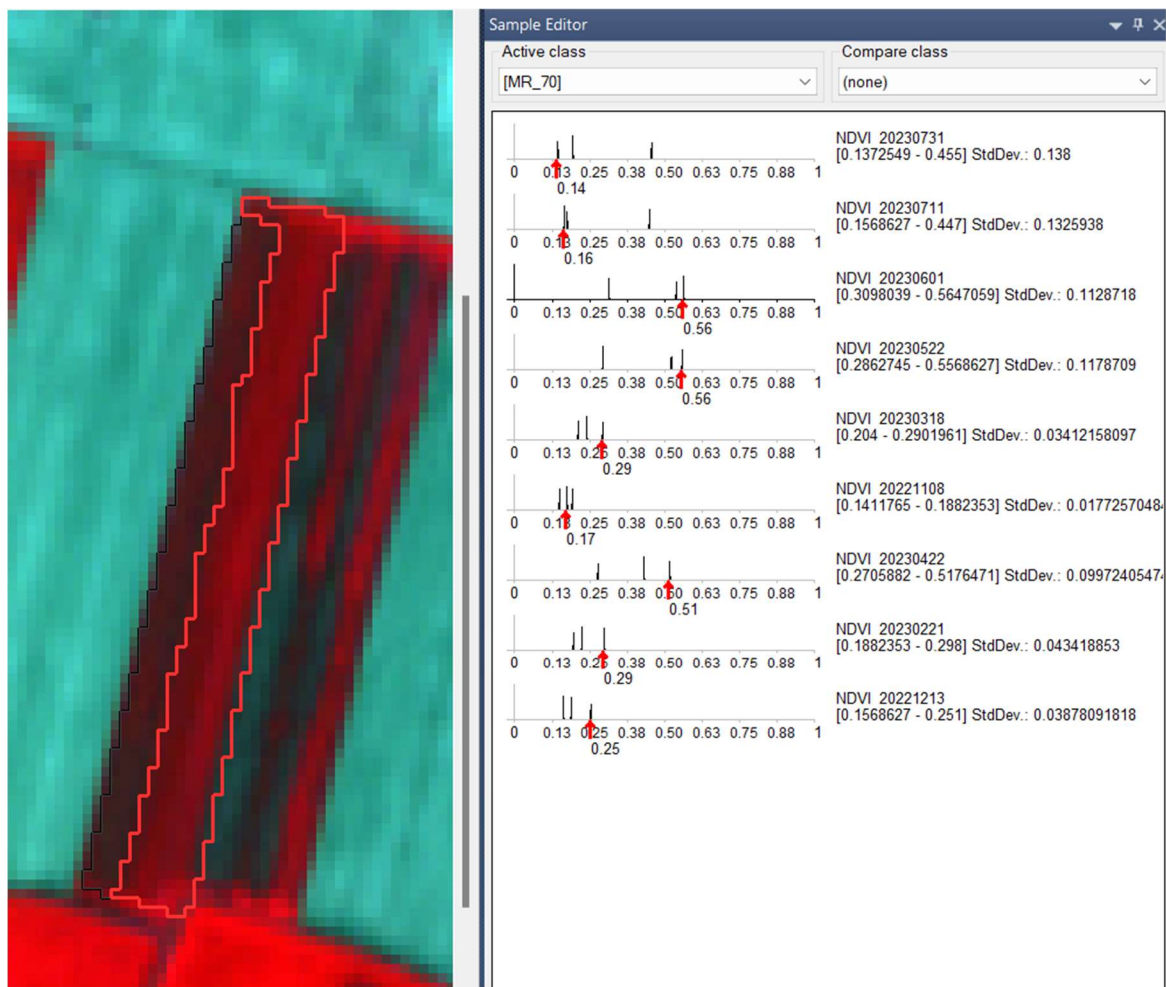
Multiresolution segmentation futtatásával különböző szinteken elvégeztem a táblán belüli szegmensek létrehozását, melyek eredményei a 23. ábrán láthatók. A vizsgált táblákon belül sem homogén a növényállomány, például az 1. táblán 30-as paraméter esetén 4 nagy szegmens különböztethető meg, melyekkel érdemes lehet külön foglalkozni a jövőben.



23. ábra - Szegmentálás MR5, MR10 és MR30 szinten

5.2.3 Osztályozás NDVI szerint

A mostani vizsgálat szempontjából azonban csak a két tábla átlagos NDVI értékei fontosak, így a szegmentálási paramétert addig növeltem, amíg csak 2 fő szegmens alakult ki (MR70). Az ekkor kiszámolt NDVI értékeket a következő két ábra szemlélteti.

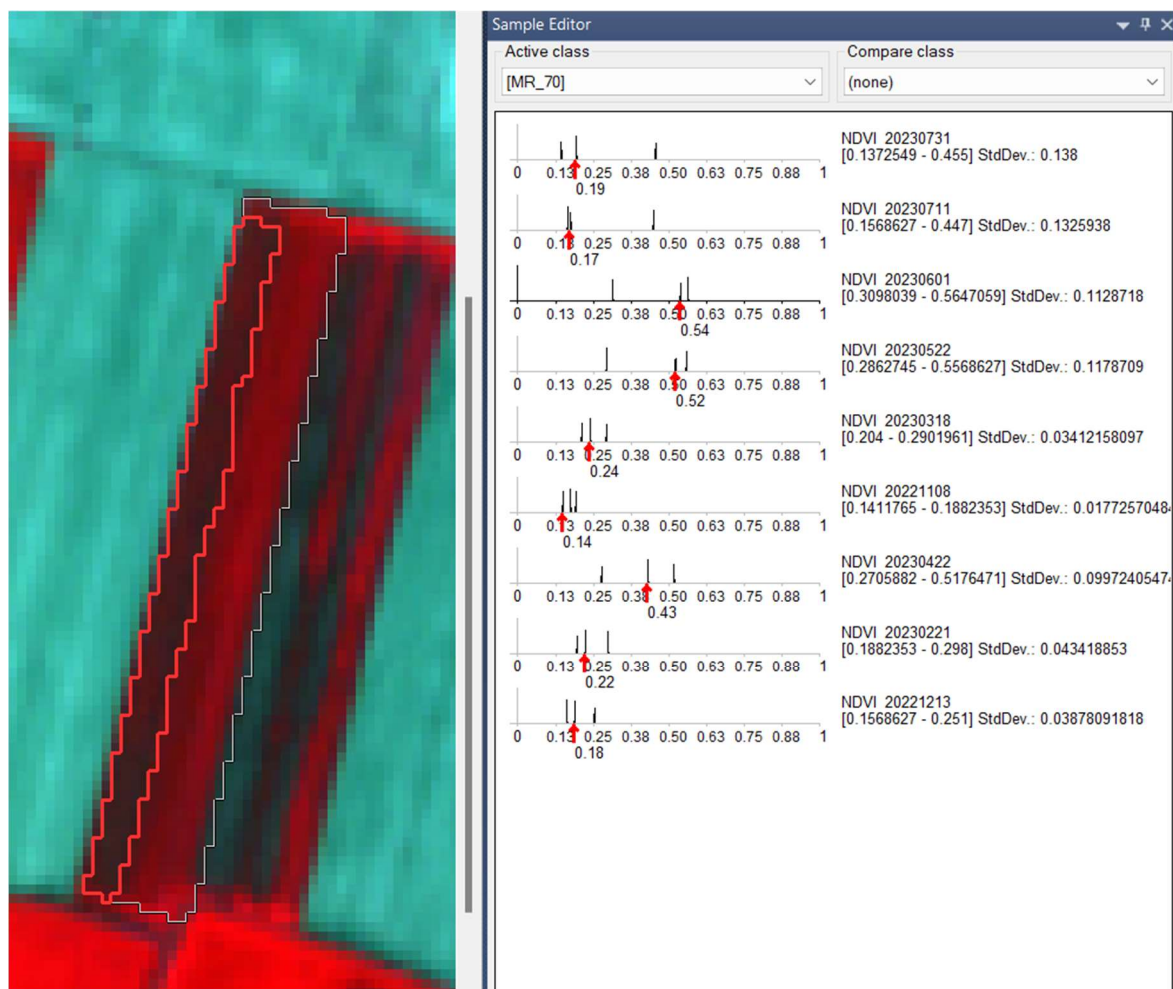


24. ábra - 1. tábla NDVI értékei különböző időpontokban

A kapott NDVI értékek kismértékű eltérést mutatnak a QGIS-ben számoltakhoz képest, ezek az alábbi táblázatban láthatók:

Sor-szám	Felvétel dátuma	NDVI érték 1. tábla	QGIS 1. tábla	Különbség
2.	2022.12.13	0,2495	0,247	0,0025
4.	2023.03.18	0,2893	0,293	0,0037
6.	2023.05.22	0,5562	0,578	0,0218

14. táblázat - eCognition és QGIS által számolt NDVI értékek összehasonlítása - 1. tábla



25. ábra - 2. tábla NDVI értékei különböző időpontokban

Az előbb említett eltérés ebben az esetben is megfigyelhető volt (15. táblázat).

Sor-szám	Felvétel dátuma	NDVI érték 2. tábla	QGIS 2. tábla	Különbség
2.	2022.12.13	0,1839	0,177	0,0069
4.	2023.03.18	0,2354	0,228	0,0074
6.	2023.05.22	0,5197	0,525	0,0053

15. táblázat - eCognition és QGIS által számolt NDVI értékek összehasonlítása - 2. tábla

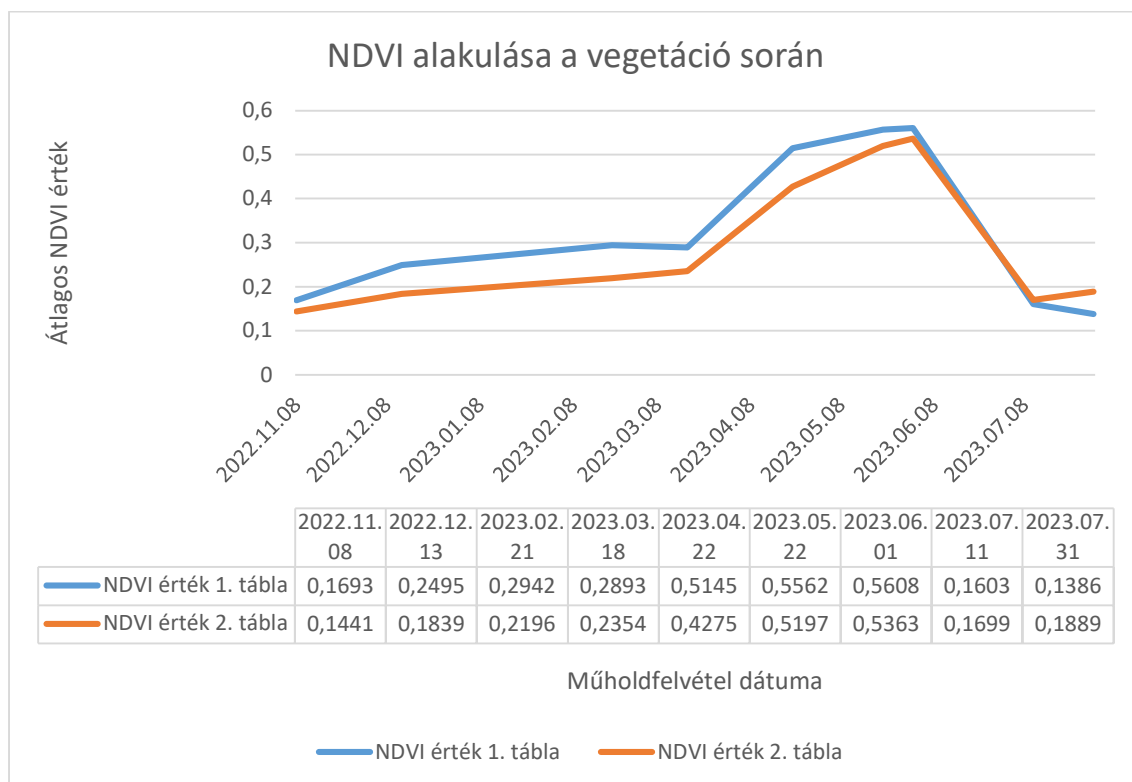
A két program által számított értékek között tapasztalt eltérések oka valószínűleg az lehetett, hogy a táblahatár mindkét esetben manuálisan került kijelölésre, ami természetesen nem reprodukálható ebben az esetben. Ez is mutatja, hogy milyen nagy hatással van az eredményekre az emberi tényező, hiszen minimális eltérés is elég a tábla kijelölésénél ahhoz, hogy egy egészen más kiértékelést kapjunk eredményül.

A következő táblázatban összegyűjtöttem, a felvételek időpontjait, az egyes táblákhoz tartozó NDVI értékeket, illetve az azok közötti eltérés mértékét.

Sorszám	Felvétel dátuma	NDVI érték 1. tábla	NDVI érték 2. tábla	Különbség
1.	2022.11.08	0,1693	0,1441	0,0252
2.	2022.12.13	0,2495	0,1839	0,0656
3.	2023.02.21	0,2942	0,2196	0,0746
4.	2023.03.18	0,2893	0,2354	0,0539
5.	2023.04.22	0,5145	0,4275	0,0870
6.	2023.05.22	0,5562	0,5197	0,0365
7.	2023.06.01	0,5608	0,5363	0,0245
8.	2023.07.11	0,1603	0,1699	-0,0096
9.	2023.07.31	0,1386	0,1889	-0,0503

16. táblázat - NDVI értékek eCognition programban

A vetés dátuma 2022.10.16. volt, az első használható felvétel a kikelt állományról 2022.11.08 lett, ahol már jól látható különbség alakult ki a két állomány között. Ez a különbség végig megmaradt a vegetációs időszak során, egészen az állomány leszáradásáig. A betakarításra 2023.07.15-én került sor, az ezt követő eredmények már nem relevánsak a kísérlet szempontjából. A jobb átláthatóság céljából a táblázat értékeit a következő diagramon ábrázoltam.



26. ábra - NDVI értékek alakulása a vegetáció során

A búza fejlődése során az úgynevezett alapszakasz fázis a vetéstől a szárbaindulás kezdetéig tart, ezalatt megtörténik a kelés, kifejlődik a gyöckerrendszer és lezajlik a bokrosodás. A szakasz vetéstől számítva körülbelül 6 hónapig tart, esetünkben nagyjából március közepéig-végéig. Ebben a szakaszban alakulnak ki a hozamot meghatározó tényezők, a növekedés ütemét jelentősen befolyásolja a hőmérséklet, a hideg idő lassítja azt.

A fejlődés szakasza a szárbaindulástól a virágzásig, körülbelül 2 hónapon keresztül tart. Mint a diagramon is látható a növekedés nagyon gyors, a levélzet teljes lesz, így a növény képes a fotoszintetikus sugárzás közel teljes befogadására. A maximum érték környékén, június 6-án a két tábla közötti NDVI érték különbsége jelentősen csökkent az április 22-én kimutatott 0,0870 értékhez képest. Az ekkor mérhető különbség már csak 0,0245 volt.

Ekkor a növényállomány már a termés szakaszába lépett, mely a virágzás végétől a gabona éréséig tart, az NDVI értékek innentől meredek csökkenésbe kezdtek, hiszen a vegetáció a végéhez ért, lassan megszűnt a fotoszintetizáció. [15]

A következő táblázat ezeket a fejlődési szakaszokat foglalja össze.

	Alapszakasz – kb. 6 hónap						Kifejlődés – kb. 2 hónap			Termés – kb. 2 hónap		
Fejlődési szakasz										Érés		
										Szem fejlődése		
							Kalász kifejlődése			Virágzás		
	-----Raktározás a szárban-----											
	Kelés - bokrosodás			Szárbaindulás								
Kezdeti szakasz												
Gyökérzet kifejlődése												
Fejlődés	GS00 GS10		GS21		GS30		GS31	GS37-39		GS61		GS92
Idő	szept	okt	nov	dec	jan	feb	márc	ápr	máj	jún	júl	aug

27. ábra - Őszi búza fejlődési szakaszai [15]

A számított NDVI értékek szépen igazodnak a táblázatban látható fejlődési szakaszokhoz, az elemzéshez igyekeztem a növény különböző fenológiai fázisainak megfelelő időpontokban készült műholdfelvételeket használni. Úgy gondolom, hogy a vizsgált állományok fejlődése közötti eltérés egyenesen arányos a vetéskor használt vetőmag-, illetve tápanyagutánpótlás során kijuttatott inputanyagmennyiségek közötti különbséggel.

6. EREDMÉNY ISMERTETÉSE, KÖLTSÉGELEMZÉS

Az őszi búza betakarítására 2023.07.15-én került sor. Az 1. tábláról 12,2%-os átlagos víztartalom mellett 33.680 kg termést adtunk le az átvevőhelyen. A 2. tábláról 12%-os átlagos víztartalom mellett 20.000 kg gabonát adtunk el. Az őszi búza felvásárlási ára ezen a napon 62.000 Ft volt tonnánként, a következő táblázatban összefoglalom a búza eladásából származó bevétel alakulását.

Tábla	5,12 ha	3,8 ha
Beszállított nyers termés	33 680 kg	20 620 kg
Tisztítási hulladék 2%	674 kg	412 kg
Tisztított termés	33 006 kg	20 208 kg
Tisztítási díj	10 104 Ft	6 186 Ft
Átvételi ár	62 Ft/kg	62 Ft/kg
Kompensációs felár	12%	12%
Érték	2 281 860 Ft	1 397 030 Ft
Termésátlag	6 578 kg/ha	5 426 kg/ha
Termésátlag tisztítás után	6 447 kg/ha	5 318 kg/ha
Bevétel	445 676 Ft/ha	367 639 Ft/ha

17. táblázat - Őszi búza elszámolás

Utolsó lépésként összeírtam a dolgozatban már részletesen bemutatott kiadásokat, amit az 18. és 19. táblázat összegez.

Művelet	Inputanyag	Dózis	Anyagköltség	Művelet költsége	Összköltség
Talajelőkészítés	-	-	-	6 000 Ft/ha	6 000 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Alaptárgya NPK 10-26-26	350 kg/ha	148 908 Ft/ha	3 000 Ft/ha	151 908 Ft/ha
Magágykészítés	-	-	-	5 000 Ft/ha	5 000 Ft/ha
Vetés	Genius őszi búza vetőmag	220 kg/ha	67 196 Ft/ha	6 000 Ft/ha	73 196 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Fejtrágya MAS 27	200 kg/ha	71 120 Ft/ha	3 000 Ft/ha	74 120 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Fejtrágya MAS 27	150 kg/ha	53 340 Ft/ha	3 000 Ft/ha	56 340 Ft/ha
Hengerezés	-	-	-	3 000 Ft/ha	3 000 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Wuxal kalászos	2 l/ha	8 400 Ft/ha	0 Ft/ha	8 400 Ft/ha
Növényvédelem	4.2.7 Növényvédelem fejezet		17 025 Ft/ha	3 500 Ft/ha	20 525 Ft/ha
Növényvédelem			9 126 Ft/ha	3 500 Ft/ha	12 626 Ft/ha
Betakarítás	-	-	-	25 000 Ft/ha	25 000 Ft/ha
Terményszállítás	-	-	-	2 930 Ft/ha	2 930 Ft/ha
Tarlóhántás	-	-	-	8 000 Ft/ha	8 000 Ft/ha
Tarlóápolás	-	-	-	8 000 Ft/ha	8 000 Ft/ha
Összesen			375 114 Ft/ha	79 930 Ft/ha	455 043 Ft/ha

18. táblázat - 1. tábla költségkimutatás

Az 1. tábla esetén tehát az összes kiadás hektáronként 455.043 Ft, a bevétel pedig 445.676 Ft volt. Ennek következtében ezen a táblán hektáronként $455.043 \text{ Ft/ha} - 445.676 \text{ Ft/ha} = 9.367 \text{ Ft/ha}$, összesen pedig $9.367 \text{ Ft/ha} * 5,12 \text{ ha} = 47.959 \text{ Ft}$ veszteséget realizáltunk a kapcsolódó igénybe vett támogatásokat nem számolva.

A teljes befektetett összeg $455.043 \text{ Ft/ha} * 5,12 \text{ ha} = 2.329.820 \text{ Ft}$ volt. Amennyiben ezt a pénzt a jelenlegi piaci helyzetben például banki kötvénybe helyeztünk volna legkevesebb 10%-os kamat mellett $2.329.820 \text{ Ft} * 0,1 = 232.982 \text{ Ft}$ nyereséget termelhetett volna. Így a teljes ráfordítás összege legkevesebb $2.329.820 \text{ Ft} + 232.982 \text{ Ft} = 2.562.820 \text{ Ft}$, a veszteség pedig $2.562.820 \text{ Ft} - 2.281.860 \text{ Ft} = 280.960 \text{ Ft}$ volt, ami hektárra vetítve $280.960 \text{ Ft} / 5,12 \text{ ha} = 54.875 \text{ Ft/ha}$ volt.

Művelet	Inputanyag	Dózis	Anyagköltség	Művelet költsége	Összköltség
Talajelőkészítés	-	-	-	6 000 Ft/ha	6 000 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Alaptárgya NPK 10-26-26	200 kg/ha	85 090 Ft/ha	3 000 Ft/ha	88 090 Ft/ha
Magágykészítés	-	-	-	5 000 Ft/ha	5 000 Ft/ha
Vetés	Genius őszi búza vetőmag	180 kg/ha	54 978 Ft/ha	6 000 Ft/ha	60 978 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Fejtrágya DASA	200 kg/ha	74 930 Ft/ha	3 000 Ft/ha	77 930 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Fejtrágya MAS 27	100 kg/ha	35 560 Ft/ha	3 000 Ft/ha	38 560 Ft/ha
Hengerezés	-	-	-	3 000 Ft/ha	3 000 Ft/ha
Tápanyagutánpótlás	Wuxal kalászos	2 l/ha	8 400 Ft/ha	0 Ft/ha	8 400 Ft/ha
Növényvédelem	4.2.7 Növényvédelem fejezet			17 025 Ft/ha	3 500 Ft/ha
Növényvédelem				9 126 Ft/ha	3 500 Ft/ha
Betakarítás	-	-	-	25 000 Ft/ha	25 000 Ft/ha
Terményszállítás	-	-	-	2 632 Ft/ha	2 632 Ft/ha
Tarlóhántás	-	-	-	8 000 Ft/ha	8 000 Ft/ha
Tarlóápolás	-	-	-	8 000 Ft/ha	8 000 Ft/ha
Összesen				285 109 Ft/ha	79 632 Ft/ha
				364 740 Ft/ha	

19. táblázat - 2. tábla költségkimutatás

A 2. táblánál az összes kiadás 364.740 Ft, a bevétel 367.639 Ft volt hektáronként, tehát ebben az esetben $367.639 \text{ Ft/ha} - 364.740 \text{ Ft/ha} = 2.899 \text{ Ft/ha}$ profit keletkezett, ami a teljes táblára vetítve $2.899 \text{ Ft/ha} * 3,8 \text{ ha} = 11.016 \text{ Ft}$ volt.

Amennyiben itt is megnézzük mennyit kamatozhatott volna bankban a befektetett összeg, nem beszélhetünk profitról. A teljes kiadás $364.740 \text{ Ft/ha} * 3,8 \text{ ha} = 1.386.012 \text{ Ft}$ volt, amiből 10%-os kamat mellett $1.386.012 \text{ Ft} * 0,1 = 138.601 \text{ Ft}$ nyereség keletkezett volna. Ezt is beleszámítva a ráfordítás összege minimum $1.386.012 \text{ Ft} + 138.601 \text{ Ft} = 1.524.613 \text{ Ft}$ -nak felel meg. A teljes veszteség ezáltal $1.524.613 \text{ Ft} - 1.397.030 \text{ Ft} = 127.583 \text{ Ft}$, hektárra számítva $127.583 \text{ Ft} / 3,8 \text{ ha} = 33.574 \text{ Ft/ha}$ volt.

A banki befektetésekről szóló részek nem tükrözik teljes mértékben a valóságot, de fontosnak tartottam a költségelemzés szempontjából érinteni ezt a témakört is.

A kísérlet kiértékelésének eredményeként elmondható, hogy gazdasági szempontból a 2. tábla volt eredményesebb. Fenntarthatósági és talajegészségügyi szempontból azonban nagyon fontos, hogy az egyes termesztett növények előírt tápanyagigényeinek minél nagyobb részét hozzáadott anyagból és ne a talaj készletéből elégítsük ki, az ugyanis a talaj állapotának romlását idézi minél inkább elő.

Az eddig általánosnak gondolt gazdasági feltételek (inputanyagárak, felvásárlási árak) mellett az előző években szinte minden esetben az 1. táblán alkalmazott módszer volt a jövedelmezőbb, az itt ismertetett eredmény kialakulását az irreálisan magas vetőmag-, vegyszer-, műtrágya- energia- és alkatrészárak, továbbá az ezekhez képest alacsony terményárak tették lehetővé.

7. SUMMARY

The subject of my thesis is to analyse the relationship between inputs and yields of a crop I grow almost every year, winter wheat, using a chi-square experiment. The experiment was carried out on the outskirts of the municipality of Bana, in two adjacent fields that I predominantly manage. In this experiment, more inputs were applied to one of the 5 ha areas than to the adjacent 4 ha area. Higher rates of base and top dressing were applied and more seed was sown. Ideally, in an experiment, the different factors should be varied separately, but I did not have the opportunity to do this because I do not farm the other field, I only cultivate it.

At the beginning of this essay I will explain what is meant by precision or site-specific farming, and then I will go on to explain the theoretical knowledge required to apply this technology, including the crop in question, the areas covered by the experiment, the method used to determine the nutrient requirements of the crop, the training I received, and the data available from the experiment and the experiment to calculate what would have been the optimal technology for the year in question. I will also present the agricultural technology used and the machinery available, which I am constantly improving. I want to analyse the development of the plants by remote sensing during the growing season, which I would have liked to compare with a yield map taken by a combine harvester, but unfortunately I did not have the opportunity to do so. Finally, I will draw conclusions and present future directions and objectives for this topic.

As a result of the evaluation of the experiment, it can be said that from an economic point of view, Table 2 was more effective. From a sustainability and soil health point of view, it is very important to meet as much as possible of the nutrient requirements of each crop from added material and not from the soil stock, which will lead to soil degradation.

Under the economic conditions that were previously considered to be general (input prices, purchase prices), the method used in Table 1 was the most profitable in almost all previous years, and the result described here was made possible by the unrealistically

high prices of seeds, seeds, chemicals, fertilisers, energy and components, and the low prices of crops.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Prof. Dr. Tamás J.: Precíziós mezőgazdaság, Szaktudás Kiadó Ház Zrt., 2002
- [2] Németh T., Neményi M., Harnos Zs.: A precíziós mezőgazdaság módszertana, Szeged, MTA TAKI, 2007
- [3] M.Verőné Wojtaszek, Fotointerpretáció és távérzékelés 1., 2011
- [4] Dr. Budai P.: Alkalmazott távérzékelés - Károly Róbert Főiskola, 2012
- [5] Dr. Mucsi L.: Műholdas távérzékelés - SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 2013
- [6] Dr. Sárdi K.: TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁS, Digitális Tankönyvtár, 2001,
- [7] Fülekgy Gy.: TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁS, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2004
- [8] Kádár I.: A NÖVÉNYTÁPLÁLÁS ALAPELVEI ÉS MÓDSZEREI, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, 1992
- [9] Benedek Sz.: A szántóföldi növények tápanyagigényének meghatározása, Szakfolyóirat, 2014, <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2014/02/szantofold/a-szantofoldi-novenyek-tapanyagigenyenek-meghatarozasa>
- [10] <https://agrobio.hu/hu/talajtani-terkepek/magyarorszag-genetikai-talajterkepe/>; 2023.12.03
- [11] Jegyzet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2023.11.29, http://nttt.mkk.szie.hu/oktatas/jegyzet/jegyzet_buza.pdf
- [12] Saaten Union, Fajtaleírás, Őszi búza, GENIUS, <https://www.saaten-union.hu/index.cfm/action/varieties/cul/445/v/2620.html>, 2023.12.01

- [13] M.Verőné Wojtaszek, Objektum-alapú kép elemzés, ÓE-AMK 0000, Budapest, 2015
- [14] Mika J., Utsi Z., Bíró Cs., Pénzesné Kónya E.: Műholdakról távérzékelt adatok feldolgozása és hasznosítása, EKF TTK, Eger, 2011
- [15] A búza növekedése és fejlődése, Yara Hungária Kft., Veszprém,
<https://www.yara.hu/tapanyagellatas/oszi-buza/buza-novekedese-fejlodes/>,
2023.11.01