



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet

SZAKDOLGOZAT

A hozam és a vegetációs indexek összefüggése öntözött szója kultúrában

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Szauervein Tibor

Hallgató törzskönyvi száma: T000873/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Szauerwein Tibor

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000873/F112904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: A hozam és a vegetációs indexek összefüggése öntözött szója kultúrában
A dolgozat címe angolul: Correlation of yield and vegetation indices in irrigated soybean culture

A feladat részletezése:

1. Precíziós gazdálkodás bemutatása irodalom alapján.
2. Tavérvékelés alapú vegetációs indexek összefoglalása.
3. A gazdaság és a mintaterület bemutatása.
4. A gazdaságban alkalmazott szójatermesztés technológiájának ismertetése.
5. Felhasznált adatok részletes bemutatása.
6. Adatgyűjtés a termesztés folyamán, hozammérési módszerek.
7. Adatok kiértékelése, eredmények összefoglalása.
8. A vegetációs indexek és a hozam közötti összefüggésének vizsgálata.
9. Következtetések.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Małgorzata Mária

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.*



Zs. A.

Intézetigazgató

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

Verőné Wojtaszek M.
belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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



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: Sárkeresztúr, 2023. december 11.

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
2.	Irodalmi áttekintés	3
2.1	Precíziós gazdálkodás	3
2.2	A vegetációs indexek bemutatása	7
2.3	A vegetációs indexek és a hozam összefüggése	8
3.	A gazdaság és a mintaterület bemutatása	13
3.1	A gazdaság bemutatása	13
3.2	A vizsgált terület részletes bemutatása	14
3.3	A gazdaság szója termesztéstechnológiája.....	19
4.	A felhasznált műholdfelvételek bemutatása, elemzése.....	32
4.1	Műholdképek kiválasztása és letöltése.....	32
4.2	Adatok előkészítése.....	33
4.3	Indexszámítás (NDVI)	35
4.4	Táblán belüli variabilitás (heterogenitás) meghatározása	36
4.5	Az EO Browser felületről letöltött műholdfelvételek kiértékelése	39
4.6	Az EOS Növény Monitoring rendszerből nyert műholdképek kiértékelése	42
4.7	A hozamtérkép kiértékelése	47
5.	Következtetések	49
6.	Összefoglalás	51
7.	Summary.....	53
8.	Irodalomjegyzék	55

9. Ábrajegyzék	57
10. Táblázatjegyzék	59

1. BEVEZETÉS

A precíziós mezőgazdaság története az 1970-es évekre nyúlik vissza, amikor az első számítógépes technológiák megjelentek a mezőgazdaságban. A számítógépes technológiák használatával a mezőgazdasági termelők jobban tudták értelmezni az adatokat és információkat a termőföldjükről, az időjárásról és a termesztési feltételekről.

Az 1980-as években megjelentek az első GPS alapú technológiák, amelyek lehetővé tették a gazdálkodók számára, hogy pontosabban beállítsák a gépeiket, és pontosabban tervezhessék a növénytermesztési tevékenységeiket. Ezt követően a 90-es években megjelentek az első precíziós műtrágyázási rendszerek, amelyek még hatékonyabbá tették a termelést.

A 2000-es években a drónok, a műholdas távérzékelés és az érzékelők elterjedése a mezőgazdasági termelésben újabb lehetőségeket nyitott meg a precíziós mezőgazdaságban. A drónok és műholdas távérzékelés segítségével a gazdálkodók könnyedén monitorozhatják a növények állapotát, az érzékelők pedig segítségükre vannak a talajnedvesség, a hőmérséklet, a pH-érték és más fontos paraméterek mérésében.

A precíziós mezőgazdasági technológiák számos előnyt kínálnak a gazdálkodók számára, többek között:

- Nagyobb termelékenység és hatékonyság
- Kisebb termelési költségek és energiaköltségek
- Jobb minőségű és egészségesebb termékek
- Környezetvédelem és fenntartható mezőgazdasági termelés

A precíziós mezőgazdaság továbbra is fejlődik, és a jövőben várhatóan további innovatív technológiák jelennek meg a mezőgazdaságban, amelyek még hatékonyabbá teszik a termelést.

A szója termesztése évszázadokig Kínára és a határos területekre lokalizálódott, a XVII. századtól került Ázsia és a világ távolabbi részeibe. A második világháborút követően az Egyesült Államok átvette a világtermelést Kínától, de már Dél-Amerika lett a világ első szójatermesztő vidéke (elsősorban Brazília és őt követi Argentína). Az európai szójatermő területek nagyon kis részét képezik a globális termőterületnek. Az Európai Unióban GMO mentes szója termesztése folyik. Jelentős szójatermesztő országok az Európában Olaszország, Franciaország, Szerbia, valamint Ukrajna is erős növekedést mutat. Magyarországon a 80-as évek derekára mintegy 66.000 hektár területen folyt a növény termesztése, ami a rendszerváltás után visszaesett, míg napjainkra a célzott támogatásoknak is köszönhetően újra 60.000 hektár körül alakul a hazai vetésterület.

Munkahelyemen 2019 óta termesztünk évi 25 ha-on szóját vetőmag előállítás céljából. Céлом a dolgozattal, hogy megvizsgáljam van-e összefüggés a vegetációs indexek és a hozam között a szójatermesztés során. Amennyiben találok összefüggéseket, azokat majd a jövőben is alkalmazni és figyelembe szeretném venni a termesztés közben felmerülő döntések során.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

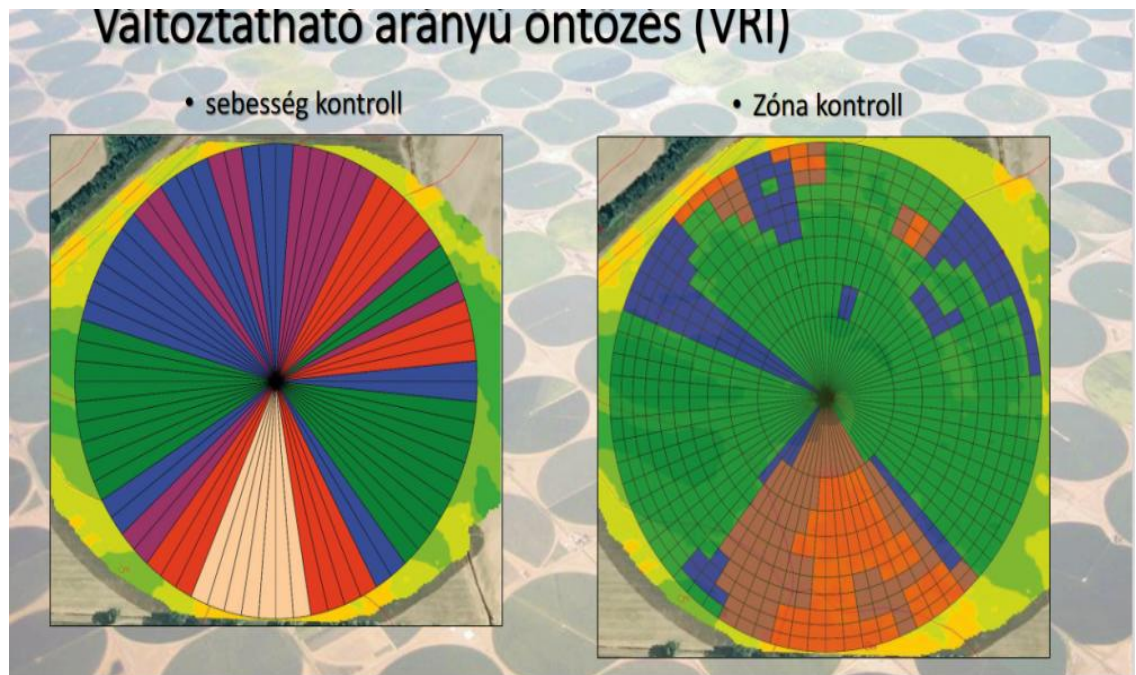
2.1 Precíziós gazdálkodás

A hagyományos gazdálkodásban a mezőgazdasági táblákat egy egységként veszik figyelembe. Így az egyes táblákra a kijuttatott tápanyagok, növényvédő szerek, stb. egységes mennyiségben kerül kiszórásra. Ez jól működhet és eredményes lehet, ha az adott tábla homogenitást mutat. A valóságban azonban legtöbbször a parcellák heterogenitást mutatnak. Sokszor egy táblán belül nem egységes a talaj tápanyag- és vízgazdálkodása, a gyomnövények és kártevők sem egységesen jelennek meg, így a homogén kezelésekkel lesznek túl-, illetve alultrágyázott területek, valamint a feleslegesen kijuttatott növényvédő szerekkel a költségeket növeljük, és a környezetet terheljük. A precíziós gazdálkodás célja a táblán belüli heterogenitások feltérképezése és az ennek megfelelő agrotechnikai beavatkozások elvégzése. Minél nagyobbak a táblán belüli eltérések, annál hatékonyabb a módszer (Gaál et al 2017). A precíziós gazdálkodás folyamán az esetleges nagyobb inputfelhasználás és a környezeti fenntarthatóság nem áll ellentétben egymással, ugyanis precíziós kijuttatással a tápanyagot a növény teljes egészében képes felvenni és hasznosítani, ezáltal környezeti károsodás nélkül folyhat a termelés (Kemény et al.,2017).

Az elmúlt időszak gépbeszerzési pályázatai, a földalapú támogatási rendszerek, a klímaváltozás hatásai, a növekvő inputanyag- és kiszámíthatatlan terményárak, a növekvő munkaerő hiány arra ösztönzi a gazdálkodókat, hogy minél hatékonyabban termeljenek, amely a precíziós gazdálkodásra való egyre nagyobb áttérést jelent. Lencsés (2013) szerint az, hogy mikor nevezünk egy gazdaságot precíziós gazdálkodást folytatónak, a kutatók és a szakértők véleménye is megoszlik, mégpedig olyan módon, hogy van, aki ide sorolja már az automata kormányzást alkalmazó gazdálkodókat, a másik csoport pedig csak azokat a gazdálkodókat tekinti precíziós szántóföldi növénytermesz-

tőknek, akik valamilyen módon alkalmazzák táblán belül a differenciált tápanyag, vetőmag esetleg növényvédő szer kijuttatás valamelyikét.

Világszinten is egyre nagyobb kihívást jelent a növekvő népesség megfelelő mennyiségű és minőségű egészséges élelmiszerrel való ellátása az egyre fogyó jó minőségű termőtalajokon. Ugyan is a növekvő népesség lakóövezetének, ipari parkok, gyárak, úthálózatok kialakítása általában a jobb termőtalajok területét csökkenti. A kisebb területen történő nagyobb mennyiségű biztonságos élelmiszer előállítás fenntartható módon precíziós gazdálkodással érhető el. Az élelmiszer mellett fontos a megfelelő ivóvíz is, vízre pedig a mezőgazdasági termelés során is szükség van. Számos országban ennek hiánya is problémákat okoz. A klímaváltozás miatt egyre több az aszályosabb időszak, majd a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék. A vízkészletek felhasználása is hatékonyabb lehet a precíziós öntözéssel, ami a precíziós gazdálkodás részét képezi. Hedley (2010) szerint a precíziós öntözéssel 9-26 százalékot spórolhatunk a felhasznált víz mennyiségén. Precíziós öntözés is megoldható (pl. center pivot öntözőberendezéssel + tápoldatozó). Ennek feltételei helyspecifikus kijuttatásra való képesség, változtatható arányú szórófejek, helymeghatározás szükségessége, változtatható arányú vízellátás, változtatható arányú tápanyag kijuttatás, változtatható arányú peszticid kijuttatás. Kétféle megoldás létezik változtatható intenzitású öntözésre, vagy a szórófejeket vezéreljük, vagy az öntözőgép sebességét változtatjuk. Az 1. ábrákon a változtatható arányú öntözés (VRI) megoldásai láthatók. Ezek körforgó vagy lineár rendszer esetén is megoldhatók. Az önjáró lineár öntözőberendezések nyomvonala DGPS vagy RTK navigációs rendszerekkel működik, míg vízadagja számítógépes programmal változtatható. Körforgó öntözőberendezéseknél a szektorok akár 0,1 fokként is képezhetők, és pár négyzetméter is lehet a lehatárolható öntözési zóna (KITE, 2016).



1. ábra A változtatható arányú öntözés (VRI) megoldásai (Forrás: Takács, 2020)

A precíziós mezőgazdaság előnyeit egyre jobban kiaknázzhatjuk már a jelenlegi technikai háttérrel. Ez alatt értem a GPS alapján vezérelt gépek pontosságát, az okosgépek jó programozási lehetőségét, amivel lehetővé tehetjük a távoli irányítást. a számítástechnika, az informatika, térinformatika lassan fontosabb Az eredményes gazdálkodásban magas szintű növénytermesztési szakismeretekenél lassan fontosabb a számítástechnika, az informatika, térinformatika megfelelő szintű elsajátítása (Vértesy, 2023). A precíziós mezőgazdaság előnyeit és kihívásait mutatja be az 1. táblázat.

1. táblázat A precíziós mezőgazdaság előnyei, kihívásai, korlátai (Forrás: Vértessy, 2023)

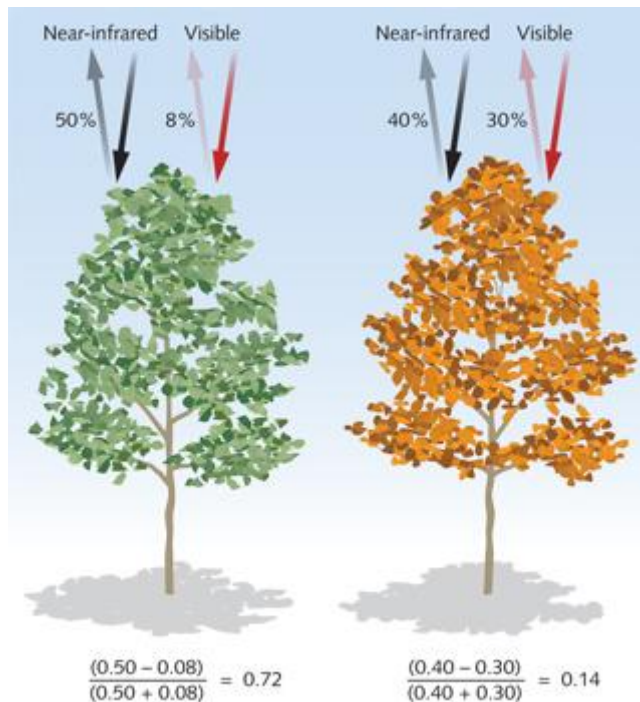
A precíziós mezőgazdaság előnyei, kihívásai, korlátai Precíziós mezőgazdaság	
Előnyök	Kihívások
• termelékenység és a hozam növekedése • hatékonyság javulás (tápanyag és növényvédőszer alkalmazások) • költségek csökkenése • jobb, magasabb, egységesebb termékminőség • az élelmiszerbiztonság növekedése • a természeti erőforrások hatékonyabban kezelése • innovációk adaptálása • környezetvédelem • könnyebb üzemeltetés • nagyobb rugalmasság • jobb dokumentáció és tervezés • valós idejű monitoring	• magas kezdeti, bekerülési, és karbantartási költségek • komplexitás • a technológia szabványosítása platformok között • csatlakozási, kapcsolódási, összeköttetési kihívások • adatkezelés (big data) a mezőgazdaságban • megbízhatósági, adatbiztonsági kérdések: adatvesztés, rendszerfrissítések, koordináták enyhe eltolódása • technológiai hiba lehetősége • megnövekedett energiaigény • a képzési háttér, költségek • jogszabályi és szabályozási kérdések (szellemi tulajdonjogok is)

Összegezve a precíziós gazdálkodás lényegét jól tükrözi a következő idézet: „Precision Agriculture egy olyan irányítási stratégia, amely összegyűjti, feldolgozza és elemzi az időbeli, térbeli és egyedi adatokat, és kombinálja azokat más információkkal, hogy támogassa a kezelési döntéseket a becsült változékonyság szerint a jobb erőforrás felhasználás hatékonysága, termelékenysége, minősége, nyereségessége és fenntarthatósága a mezőgazdasági termelés.” (forrás: ISPA International Society of Precision Agriculture 2020)

2.2 A vegetációs indexek bemutatása

A műholdképek jellemző képsávjaiból különböző eljárásokkal eltérő indexek hozhatók létre. Adatnyerési lehetőség lehet a vegetációs indexek alkalmazása a mezőgazdaság számára. A vegetációs indexek kiszámítása a látható tartomány vörös (VIR) a közeli infravörös (NIR) és a középső infravörös (MIR) csatornák felhasználásával történik. Az indexek elkészítésével elvégezhetjük a felszint borító növénytömeg eltérő tulajdonságainak felmérését vagy becslését, ami a precíziós gazdálkodás szempontjából elsődleges cél. Ugyanis ha ismerjük a növények zöldtömegének táblán belüli fejlődési különbségeit következtetni tudunk a hozamokra, esetleges növénybetegségekre, vagy a várható minőségi paraméterekre is. A vegetációs indexek értelemszerűen származtatott adatok, hiszen az egyes sávok, vagy egyes hullámhosszok kiválasztásával a sávok relációja révén kapjuk (Milics G. 2008).

A leggyakoribb index a normalizált vegetációs index (NDVI) egy olyan grafikus indikátor, amely a távérzékelés során készített képek (műhold-, légi- és drónfelvételek) elemzése során megmutatja, hogy az adott földrajzi területen van-e zöld növényzet vagy nincs. A növényzetben található klorofill kis mértékben veri vissza a látható tartomány sugarait, míg a közeli infravörös (near-infrared, azaz NIR) tartományban tapasztalható visszaverődés erősebb. Vagyis minél nagyobb a látható tartományban mérhető elnyelődés és a közeli infravörös tartományban detektálható visszaverődés, annál fejlettebb a vegetáció az adott területen. A fejletlenebb vegetáció viszont több látható sugarat ver vissza és több infravöröset nyel el. Ezt a matematika nyelvén az alábbi egyszerű képlettel írhatjuk le: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ ahol az NDVI a normalizált vegetációs index, a NIR a közeli infravörös tartomány, a RED pedig a látható tartomány vörös sávja (Diriczi Zs. 2017).



2. ábra A közeli infravörös (near-infrared) és a látható (visible) színtartományok elnyelődése, valamint visszaverődése az egészséges és gyengélkedő növények leveleiről (forrás: NASA).

Részletesebben csak az NDVI indexet mutattam be, mivel a vizsgálat során ezt használtam, de számos más index is létezik. A teljesség igénye nélkül párat felsorolok:

- AVI: Fejlett Vegetációs Index
- EVI: Javított Vegetációs Index
- LAI: Levélfelületi Index

2.3 A vegetációs indexek és a hozam összefüggése

A precíziós gazdálkodás és a fenntartható gazdálkodás szempontjából fontos a terméshozam pontos, időben és korai szezónban történő becslése a szántóföldi változé-

konyságon belül. Ezért a gabonatermés táblán belüli változékonyságának becslésének képessége kulcsfontosságú az élelmezésbiztonság biztosításához világszerte, különösen az éghajlatváltozás idején. Így számos Föld-megfigyelő rendszert fejlesztettek ki a növények nyomon követésére és a hozamok előrejelzésére. Ennek ellenére új kutatásokra van szükség ahhoz, hogy összekapcsolják a többplatformos adatintegrációt, a műholdas technológiák fejlődését, az adatfeldolgozást és ennek a tudományágnak a mezőgazdasági gyakorlatban való alkalmazását.

A terméshozam monitorozása a mezőgazdasági értékelés fontos eleme. Az űrben elhelyezett platformokon található többspektrális távérzékelő műszerek, mint például az Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), a Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) és a Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) hasznosnak bizonyulnak az időszerű és szinoptikus adatok hatékony generálására, információkat nyerhetünk a termények hozamállapotáról regionális szinten. Az ezekben az érzékelőkben rejlő durva térbeli felbontási adatok azonban kevés hasznot hoznak a menedzsment szintjén. A közelmúltban készült műholdfelvételek gyűjtése a finomabb térbeli felbontás felé (akár 1 m-ig) és a megnövekedett megfigyelési ütem felé haladva azt jelenti, hogy a szántóföldön és a táblán belüli méretekben beszerezhető növényekre vonatkozó információk már elérhetőek a gazdálkodási igények támogatása érdekében.

A terméshozam felmérése és előrejelzése a mezőgazdasági termelés monitorozásának egyik fő összetevője. Az élelmiszer-ellátás megértéséhez és elosztásához rendkívül fontosak a globális, nemzeti és regionális szintű terméshozamokra vonatkozó időszerű, pontos és térben egyértelmű információk. Továbbá a terméshozamok térbeli változékonysága a szántóföldi léptékben segíthet objektív információkkal szolgálni a gazdálkodóknak a gazdálkodási gyakorlatok javítása és a hozamkülönbségek azonosítása vagy a biztosítótársaságok kockázati modelljei javítása érdekében. A terméshozamok pontos, közel valós idejű előrejelzése a parcella vagy a gazdaság méretében kulcsfontosságú a korai figyelmeztető információk generálásához, az alacsony hozamú zónák

azonosításához, valamint a helyspecifikus kezelés végrehajtásához az éghajlatváltozással összefüggésben esetlegesen bekövetkező termésveszteségek megelőzésére. A hozam-előrejelzés közvetlen hatással van a gazdálkodók jövedelmére, az élelmezésbiztonsági politikákra, az import-export politikákra és az élelmiszer tárolásra.

Pontosabb adatokat kapunk a betakarítás során végzett mérésekből. A korszerű betakarítógépeken legtöbbször alapfelszerelésként megtalálhatók a hozam- és szemnedvességmérő szenzorok, de bármely betakarítógép utólag is felszerelhető GPS-vevő hozzáadásával, így alkalmassá válnak a hozam térképezésére. A szenzorokat össze kell hangolni az adott betakarítógéppel és a megfelelő kalibráció elvégzése után alkalmas az adatok gyűjtésére (Milics et al., 2014). A hozamtérképező rendszerek földrajzi koordinátákhoz rendelik a néhány másodpercenként rögzített learatott termés mennyiségét és nedvességtartalmát. Ez azt jelenti a gyakorlatban kb. 500-600 pont kerül rögzítésre hektáronként (Mesterházi, 2013). Aratáskor figyelni kell a vágószélesség jó beállítására és a megfelelő a kapcsolási magasság beállítására, ezek ugyanis az eredmények értékelésekor problémát jelenthetnek. Ha nem a teljes vágószélesség van beállítva vagy nem megfelelő a kapcsolási magasság beállítása hibás értékek lesznek, ezért ezen adatok további felhasználása előtt adatszűrésekre lehet szükség. A hozamtérkép segítségével feltárt táblán belüli változékonyság lehetővé teszi a következő évi tápanyag-utánpótlás pontosabb tervezését is. Az is előfordulhat, hogy adott táblán belül a hozamtérképen nincsenek nagy eltérések, így eldönthetjük melyik táblákon érdemes differenciált tápanyag-kijuttatást végezni és melyiken nem. A hozamtérképekből megfelelő szoftverek segítségével jövedelmezőségi térképek is előállíthatók, melyekkel a terület jövedelemtermelő képessége a tábla részleteire vonatkozóan vizsgálható. Több évet összevetve a gazdálkodókat segítheti munkájukban (Smuk et al. 2010). Pl. 2024. január 1-én életbe lép a HMKÁ 8. pontja, miszerint a nem termelő tájképi elemnek és területnek összesen a szántóterületek 4%-át kell kitenniük így a döntéshozót segíthetik a zöld parlagok kijelölésében a korábbi évek hozamtérképei, mert adott tábláknak lehetnek olyan összefüggő részei melyeken gazdaságtalan termelni, viszont az előírásban meghatározott minimális nagyságnak megfelelnek.

A vegetációs indexek felhasználhatók a vegetáció típusa, a növényállomány állapota, fejlődése, esetleges károsodása vizsgálatához, valamint hatékony eszközök a térbeli eltérések kimutatásában (Tamás, 2013). Mogyorósi et al., 2011; Montgomery et al., 2015 a felhasználható a nitrogén-, valamint a vízigény számítása során, míg Ambrus et al., 2015 a termésbecslésben vizsgálta a vegetációs indexeket. De a gyomnövények, gyomosodás mértékének felderítésében is hasznos információkat szolgáltatnak (Reisinger, 2012). Hasznos lehet nagy termésveszteséggel járó betegségek korai felismerésében is, ahol a hagyományos módszerek idő és munkaigényes felvételezésekkel járnak. Pl. az Egyesült Államok iowai Boone megyében (M.M. Raza 2020) 2016-2018 között vizsgálták a szójatáblákon a hirtelen halál szindróma (SDS) betegséget, ami az egyik legjelentősebb terméskorlátozó szójabetegség Észak- és Dél-Amerikában. Nagy felbontású (3 m) PlanetScope műholdképeket használtak fel az SDS észlelésére a véletlenszerű erdőosztályozási algoritmus segítségével. A kék, zöld, vörös és közeli infravörös (NIR) spektrális sávok képadatait, a kiszámított normalizált különbség vegetációs indexet (NDVI) és a vetésforgó információit használták az egészséges és SDS-fertőzött kvadrátok kimutatására. Arra a következtetésre jutottak, hogy a termőföldről készült nagyfelbontású multispektrális képek viszonylag kiaknázatlan, hatalmas felfedezésre váró erőforrást jelentenek. Az SDS korai felismerését felhasználhatják a betegség korai szakaszában történő enyhítésére, a szántóföldi kezelési alkalmazások során a döntések meghozatalának segítségével. A jövőbeli tanulmányok regionális léptékben értékelhetik a nagy felbontású multispektrális képeket más, gazdaságilag jelentős betegségek korai felismerése és nyomon követése érdekében, amelyek elősegíthetik és támogatják a hatékony döntéshozatalt, és ajánlásokat tehetnek a precíziós mezőgazdasági rendszerekben a gazdálkodási erőforrások fenntartható és hatékony elosztására vonatkozóan.

Kovács et al. 2019 vizsgáltak Békés vármegyében egy, valamint Csongrád- Csanád vármegyében három nagyobb táblát 2014-2018 között. Ezeken a területeken őszi kalászos, repce vagy nyári kapásnövény volt termesztve. Megállapították, hogy az NDVI index maximális értéke 0,9 körül alakul a kultúrák legnagyobb zöld tömeggel rendelkező, legfejlettebb időszakában. Továbbá jól leköveti az index növekedése az

adott növénykultúra fejlődési ütemét, illetve az index csökkenése annak érését. Észrevehetők a főbb fenológiai fázisok bekövetkezésének időpontja. Kimutathatók a jó és a gyenge évek is, ha figyelembe vesszük a sokéves átlagoktól való eltérést. Megállapításuk szerint a termés mennyiség becslésére a DMP (Száranyag produktivitás) index használható pontosabban. Búzánál a DMP májusi összege, repcénél a DMP április- májusi összege, míg kukoricánál a DMP május és augusztus közötti összegzett értékei mutatnak összefüggést a termésátlagokkal.

Amankulova et al. 2023 a PlanetScope (PS), a Sentinel-2 (S2) és a landsat 8 (L8) adatait összehasonlították a szójabab terméshozamának táblán belüli variabilitásának becslésében véletlenszerű erdőregresszióval a Békés vármegyei Mezőhegyes határában. Ez a tanulmány a szójabab terméshozamának becslésének további fejlesztéseit mutatja be a PlanetScope (PS), a Sentinel-2 (S2) és a Landsat 8 (L8) többforrású műhold adatainak összehasonlításával, valamint topográfiai és meteorológiai változók bevezetésével. Itt egy új módszert mutattak be a szójababtermés, a globális helymeghatározó rendszerek, a betakarítógép adatok, az éghajlat, a topográfiai változók és a távérzékelési képek kombinálására. A 2021-es szezonban hét tábláról egy kombájnbba telepített GPS-ből és termésfigyelő rendszerből nyerték ki a szójabab termésponjtait. A hozambecslési modelleket véletlenszerű erdő segítségével képezték ki és validálták, és négy vegetációs indexet teszteltek. Az eredmény azt mutatta, hogy a szójabab termése pontosan megjósolható 3, 10 és 30 méteres felbontás mellett 0,091 t/ha átlagos abszolút hiba (MAE) értékkel PS esetén, 0,118 t/ha S2 és 0,120 t/ha értékkel. L8 adatokhoz (a négyzetes középhiba (RMSE) 0,111, 0,076). A környezeti adatok és az eredeti sávok kombinációja további fejlesztéseket és pontos termésbecslési modellt eredményezett a szójabab terméshozamának változékonyságán belül 0,082 t/ha MAE PS, 0,097 t/ha S2 és 0,109 t/ha L8 esetében (RMSE) 0,094, 0,069 és 0,108 t/ha). Az eredmények azt mutatták, hogy az optimális időpont a szójabab termésének előrejelzésére a szántóföldi skálán belül körülbelül 60 vagy 70 nappal a betakarítási időszakok előtt a virágzás kezdeti szakaszában.

3. A GAZDASÁG ÉS A MINTATERÜLET BEMUTATÁSA

3.1 A gazdaság bemutatása

A mezőgazdasági vállalkozás jellegét tekintve egyéni vállalkozás, amely az 1990-es évek elején alakult az egykori Jóreménység MGTSZ központi telephelyén, Sárkeresztúron a 098/2 HRSZ-ú telephelyen. Jómagam 2005 áprilisától dolgozom itt, mint telepvezető és részt veszek a növénytermesztés irányításában is. A fő tevékenység a növénytermesztés, valamint termények szárítása, tisztítása és tárolása. A vállalkozás 725 ha-on folytat szántóföldi növénytermesztést. Jelenlegi vetésszerkezet a következő: őszi káposztarepce 104 ha, őszi búza 62 ha, őszi sörárpa 42 ha, tavaszi sörárpa (ami novemberi vetés) 74 ha, gyógyszeripari len 30 ha, csicseriborsó 10 ha, kukorica 161 ha, szemes cirok 98 ha, szója vetőmag célra 25 ha, lucerna és zöldugar 93 ha. A telephelyen található egy iroda, gépműhely, 3 db 1000 t tárolókapacitású fémsiló, 3 db 1000 t és 1 db 500 t tárolókapacitású DV szín, 1 db 1200 t és 1 db 700 t tárolókapacitású ponyvás tetejű magtár, mérlegház, 60 t-ás mérleg, 1 db 18 t/h szárítókapacitású CEDAR terményszárító, valamint 4 db egyéb raktár épület.

A gazdaság területén az elmúlt években 5 db kút fúrása és azok engedélyeztetése történt. Így potenciálisan akár 175 ha öntözése lehetséges dobos öntözéssel. Jelenleg is folyamatban van egy öntözési pályázat beadása, mellyel további 70 ha öntözése válhat valóra center pivottal. 2017-ben léptünk kapcsolatba az Agromatic Kft-vel és a Dr. Szabó Agrokémia Kft-vel, ekkor kezdődtek el az első lépéseink a precíziós növénytermesztés felé. Az Agromatic Kft-től automata robotkormányzási rendszereket vásároltunk a traktorokba, valamint a kombájnbba hozammérő beszerelése történt meg. A Dr. Szabó Agrokémia Kft pedig a műholdas távérzékelés során nyert adatok és hozamtérképek segítségével kialakította az 5 ha feletti táblákon a termőzónákat és a műtrágya szórásra helyspecifikusan kerül sor. 5 évente ők szedik a bővített talajvizsgálathoz is a talajmintákat a különböző zónáknak megfelelően. Az 5 ha-nál kisebb táblákon hagyományos ta-

lajminta vétel van. Tőlük vásároljuk a Sileno NPK műtrágyákat, melyeket a talajvizsgálati eredmények és tervezett növényfajoknak megfelelően mezo- és mikroelem kiegészítéssel látnak el.

2022-ben a precíziós pályázat keretén belül jelentős géppark csere történt. Kicserélődött a kombájn, műtrágyaszóró, sorközművelő kultivátor, szemenként vetőgép. Így most már lehetségessé válik számunkra, hogy változó tőszámmal tudjunk vetni az arra megfelelő tábláinkon. Mind a precíziós gazdálkodásban, mind az öntözésben, valamint az öntözetlen és gyengébb adottságú táblákon megfelelő növények (szemes cirok, len, csicsseriborsó) termesztésével próbálunk előbbre lépni a minél gazdaságosabb cél felé.

3.2 A vizsgált terület részletes bemutatása

A szakdolgozathoz kiválasztott mintaterület Sárkeresztúr 0193/5,6 HRSZ külterületén elhelyezkedő ≈ 25 ha nagyságú szántó (3. ábra). A MePAR böngésző légi felvételén is jól látható világos színnel, hogy a területen találhatók szélrózsiás foltok.



3. ábra Sárkeresztúr 0193/5,6 HRSZ külterület (forrás: MePAR)

Sárkeresztúr a Mezőföldön található, melyet szinte kettéssel a Sárvíz völgye. Azt lehet mondani a Mezőföld az Alföldnek a Dunán átnyúló része.



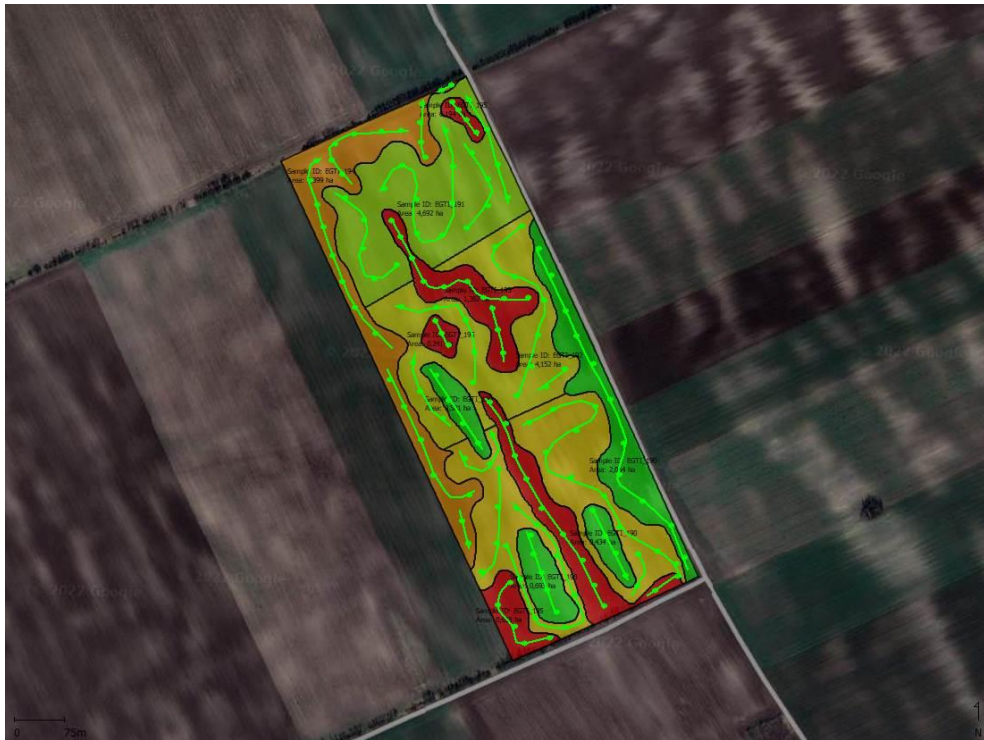
4. ábra Sárvíz völgye (forrás <https://www.enfo.hu/keptar/2809>)

A 4. ábrán a Sárvíz völgye látható, mely a Mezőföld tengelyét alkotja. Az ábrán közepén kitűnik, hogy a világoszöldes-lilás 8-10 km szélességű sáv szinte kettészeli Fejér vármegyét. Ezt a süllyedék területet nyugatról löszös perem határolja, míg keletről alacsonyabb homokos lösz, lösz. Itt-ott homok, futóhomok teraszok határolják. Jellemző a tájegységre, hogy megtalálhatók a lefolyástalan területein a szikesek, a mélyebb fekvésű részein a réti talajok (4. ábrán zöld színnel), míg a magasabb fekvésű területeken a csernozjom talajok (4. ábrán barna színnel). A vizsgált területen csernozjom talajok találhatók.

A csernozjom talajok hazánk legtermékenyebb talajai, melyekre az erőteljes humuszosodás, a jó morzsás szerkezet, kiváló víz-, levegő- és tápanyag-gazdálkodás jellemző. Eredetileg füves, sztyeppes növénytakaró alatt, kontinentális éghajlat mellett, felszíni és felszín alatti vizek hatásától mentesen alakultak ki. A talajszelvényben a humuszos réteg mélyre hatol. A humuszos réteg átmenete a talajképző kőzet felé hosszú,

fokozatos, nehezen elhatárolható. Intenzív mezőgazdasági művelésre alkalmasak, a rajtuk termesztendő növények skálája szinte korlátlan (gabonafélék, kapásnövények, takarmánynövények, zöldségnövények és gyümölcsfélék). A területre jellemző a mészlepedékes csernozjom, amely nemcsak hazánk, hanem az egész Duna-völgy jellegzetes talajképződménye. Elnevezését a szelvényében általában 30-70 cm között jelentkező mészlepedékről kapta, amely a szerkezeti elemeket, vagyis a talajmorzsákat vékony, penészhez hasonló hártya alakjában vonja be. A mészlepedék e talajtípus sajátos dinamikájának következménye, melyben váltakozva következnek a kilúgzás, azaz a szénsavas mész kioldásának és a lepedékképződés, vagyis a szénsavas mésznek a talajoldatokból való kicsapódásának időszakai.

A szakdolgozatban szereplő területről legutóbb már a Dr. Szabó Agrokémia Kft szakemberei vették a bővített talajvizsgálathoz a mintákat. Ennek a térképe látható a 5. ábrán.



5. ábra Talajminta vételi térkép (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)

Majd az 2-3. táblázatokban láthatók az általam kiválasztott tábla talajvizsgálati eredményei.

2. Táblázat talajvizsgálati eredmény (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)

Minta jele	pH (KCl)	KA	Összes só	CaCO ₃	Humusz	P ₂ O ₅ (AL oldható)	K ₂ O (AL oldható)
			%m/m légsz. a.	%m/m légsz. a.	%m/m légsz. a.	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.
EGTI_190	7,16	31	<0,01	4,20	2,51	113	119
EGTI_191	7,17	32	<0,01	6,00	2,52	143	203
EGTI_192	7,27	32	<0,01	5,60	2,35	139	188
EGTI_193	7,09	33	<0,01	6,00	2,34	140	170
EGTI_194	7,02	30	<0,01	2,50	2,23	123	158

3. Táblázat talajvizsgálati eredmény (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)

Minta jele	NO ₃ + NO ₂ - N (KCl oldható)	Na (AL oldható)	Cu (EDTA oldható)	Mg (KCl oldható)	Mn (EDTA oldható)	SO ₄ ²⁻ -S (KCl oldható)	Zn (EDTA oldható)
	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.	mg/kg légsz. a.
EGTI_190	2,27	57,0	1,39	39,0	19,6	2,24	0,94
EGTI_191	3,76	33,0	1,67	103	33,2	2,06	0,98
EGTI_192	4,54	47,0	1,50	91,0	11,6	1,96	1,03
EGTI_193	2,18	47,0	1,18	99,0	17,1	2,28	0,87
EGTI_194	2,04	25,0	1,56	207	51,8	1,84	0,85

A vizsgált táblán 2017-ben történt talajszelvény vizsgálat, amely megállapította, hogy a talajképző közet löszös homok, homokos lösz, illetve lösz. Az egész területre jellemző a sötét barna, morzsás szerkezetű, gyengén elporosodott „A” genetikai szint. A szántott réteg alatt enyhén tömődött eketalp réteg megtalálható. A talajban igen sok az állatjárat. A „B” genetikai szintben szép, kifejezett mészlepedék látható. A szintek közötti átmenetek a típusra jellemzően fokozatosak, gyökér még a talajszelvény legmélyebb rétegeiben, 150 cm mélységben is előfordul, ami mély termőrétegre utal. Az eke-

talp réteg áttörésére talajlazítót használunk, valamint az ekét egyre jobban felváltja a szántóföldi kultivátor.

A talajtextúra, a talaj fizikai féleségét az Arany-féle kötöttségi szám is jól mutatja, esetünkben a KA értéke 32 körüli, ami homokos vályog talajra utal. A 2017-es szelvény vizsgálat során a szemcseméret eloszlás homok 59%, iszap 18,1%, agyag 22,9%.

A talaj kémhatása és mészállapota szintén fontos jellemző. A talaj mészállapota és ez által kalciumtartalma fontos összetevő a növények számára. Hiánya a talajok savanyodásához vezet. Megfelelő jelenléte pozitívan hat a talaj szerkezetére, így elsősorban a morzsalékosságra. Esetünkben a pH 7,02-7,27 közötti, ami gyengén lúgos, de a szelvény mélyebb rétegei felé haladva értéke növekszik. Illetve van a tábláról pH 6,75 érték is.

Megállapítható, hogy a vízben oldható sótartalom a mintákban a kimutathatósági határ alatt van.

A talaj egyik fontos alkotóeleme a humusz, a talajban a humifikáció folyamatán átesett szerves anyagot jelenti. Ez egy sötét színű elegy, amely a talajba került növényi (kisebb részben állati) anyagok bomlástermékeiből képződik. Hatalmas szerepe van a talaj termőképességének fenntartásában: hatással van a talaj szerkezetére, víz-, levegő- és hőgazdálkodására. A mészlepedékes csernozjom talajokra a 2-4% humusztartalom a jellemző. Ha megnézzük az 4. ábrát megfigyelhető, hogy a talaj szerves anyag tartalma a talajtípusnak megfelelő, a humusztartalom 2,5% körüli.

A bemutatott táblán található az 1-es és 2-es kút, így a tábla öntözhető is. Szóját csak azon tábláinkon termesztünk ahol szükség esetén öntözni is tudunk. Mivel felszíni vízforrások nem állnak rendelkezésre a közelben, így azon döntés született, hogy felszín alatti vízrétegből kellene megoldani az öntözés lehetőségét. 2013-as évben történt az 1. számú kút létesítése, amelynek maximális vízhozama 700 liter/perc. A kútból állandó üzemben kitermelhető 525 liter/perc. A kút mélysége 74 méter. Szűrőzése 53,3 – 67,3 méter közötti. A 2. számú kút létesítésére 2015-ben került sor. Mélysége 72 méter. Szűrőzése 41,3 – 50,3 méter és 54,3 – 64,3 méter közötti. Maximális vízhozam 740 li-

ter/perc. A kútból állandó üzemben kitermelhető 555 liter/perc. A kutak létesítése önerőből történt, viszont az öntözéshez szükséges berendezések beszerzéséhez egy sikeres 2017-es öntözési pályázatra is szükség volt.

Összességében elmondható a kiválasztott tábláról, hogy vízgazdálkodása igen jó, mert minden szintjének kiváló a vízáteresztése és víztároló képessége. Amire ügyelni kell, hogy megfelelő agrotechnikával elkerüljük a leromlott szerkezetű, elporosodott szántott réteg és tömődött barázdafenék kialakulását. Tápanyag gazdálkodása is kedvező a táblának. Műtrágya kiszórás precíziósan történik és a komplex műtrágya a talajvizsgálati eredmény illetve a növény igényének megfelelően mikroelem kiegészítéssel van összeállítva. A talajvíz 5 m-nél mélyebben helyezkedik el. Mióta elkezdtük a precíziós gazdálkodás alapjait a hatékonyság növekedett.

3.3 A gazdaság szója termesztéstechnológiája

A szója (6. ábra), mint új növény 2019-ben került nálunk be a vetésszerkezetbe. Első évben pont ezen a területen volt, amelyet vizsgálni fogok. Akkor meg voltunk vele elégedve. Azóta volt kevésbé jó termesztési év is, de, egyenlőre kitartunk mellette a vetésforgóban betöltött szerepe miatt.



6. ábra Szója korai fejlettségben illetve aratás előtt (forrás: saját)

Szója ökológiai igénye:

Talajigény: a talajjal szemben nem túlságosan igényes, mégis kielégítő termést csak jó minőségű és kultúrállapotú talajokon (csernozjom típusú, barna erdőtalajok) várhatunk. Azt lehet mondani a kukoricatalajok növénye.

Hőigény: Magyarország többé-kevésbé a gazdaságos szójatermesztés északi határa. A termelt szójafajták a biztonságos beéréshez a tenyészidő alatt 1000-1500°C effektív hőmérsékletet igényelnek. A tenyészidőt napban kifejezve ez azt jelenti, hogy nálunk Sárkeresztúron 115-125 nap közötti tenyészidőnek felel meg.

Vízigény: A szójatermelés sikerét nagymértékben meghatározza a csapadék, annak eloszlása, illetve az ezt kiegészítő öntözés. A növény vízigénye nagy: 1 kg szárazanyag előállításához 750-800 l vizet használ fel. Kritikus fejlődési szakasza virágzás és a hűvelőkötés.

Ki gyűjtöttem és táblázatba szedtem csapadék és hőmérséklet alakulását 2023-ban Sárkeresztúron a szója tenyészidejében (4. táblázat). Ebben a segítségemre volt a táblán elhelyezett WINEDATA meteorológiai állomás melynek adataihoz hozzá férésem van.

4. táblázat Csapadék és hőmérséklet alakulása 2023-ban Sárkeresztúron (forrás: saját)

Hónap	Csapadék mm	Csapadékos napok száma	10 mm feletti csap.nap	Átlag hőmérs. °C	Hőségnapok
					max.hőm. 30 °C ≤
Május	60	7	3	16,2	2
Június	72	8	4	20,1	8
Július	46	5	2	23,7	19
Augusztus	71	5	2	23	13
Szeptember 18-ig	0	0	0	20,9	7
Összesen	249	25	11		49

Helye a vetésforgóban

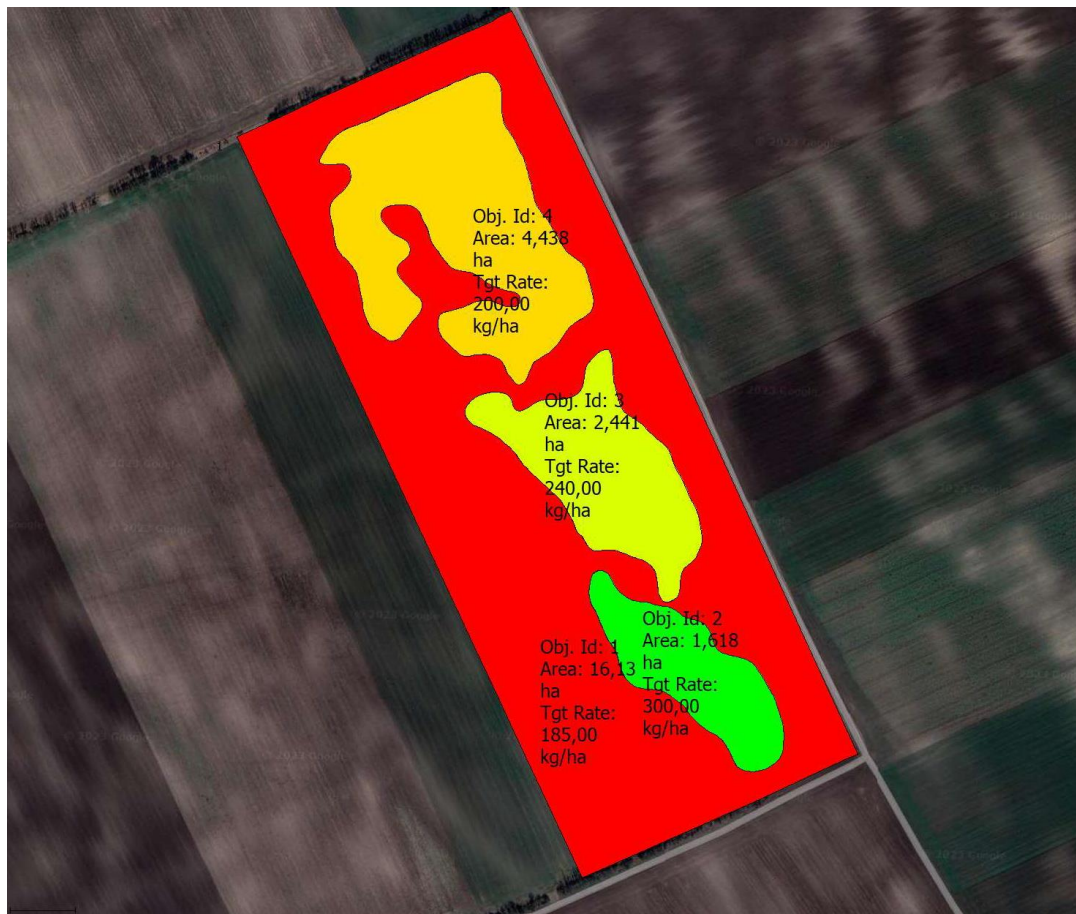
Általában nem igényes az elővetemény iránt, különösen alkalmas a vetésváltásban. Jó előveteménye a kalászosok, elfogadható előveteménye a kukorica. Kerülendő előveteménye a napraforgó, a repce, a cukorrépa. Nálunk általában kalászos vagy kukorica után kerül a vetésforgóban. Jelen esetben kukorica volt a szója előveteménye.

Tápanyag utánpótlás

A tápanyag kijuttatás tervezésénél számolni kell a talajban fellelhető tápanyag mennyiséggel (talajminta), az elővetemény terméshozamra számolt talajból felvett tápanyag mennyiségével, valamint a visszamaradó szerves anyagból (szalma, szármaradványok) feltárható tápanyagokkal. Nálunk a kukorica elővetemény szárbontására már 5. éve minden esetben használjuk a Phylazonit Kft által forgalmazott tarlóbontó baktérium készítményeket.

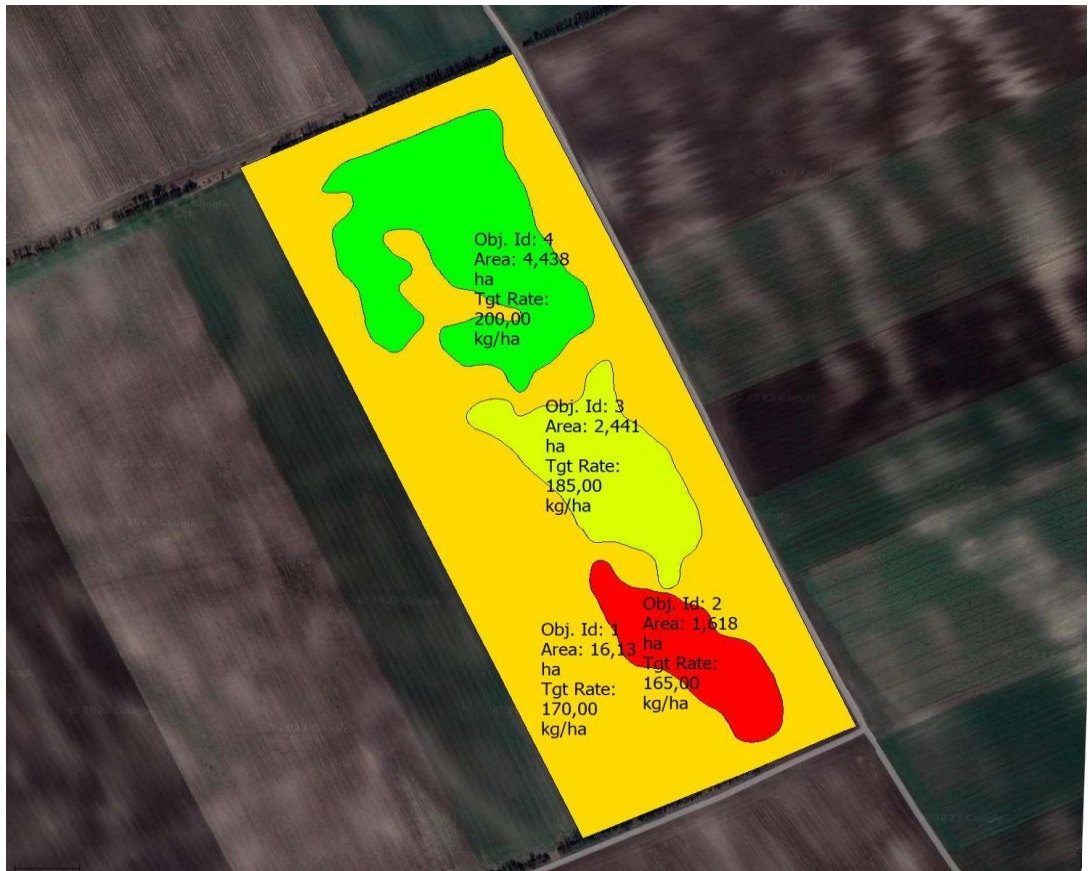
A tarlóbontó baktériumok alkalmazásával felgyorsítható az elhalt növényi részek lebontása és tápanyaggá válása. Így akár már a következő kultúra is, valamint a területen élő egyéb mikroorganizmusok olyan könnyen felvehető tápanyaghoz juthatnak, amelyeket a szármaradványokon felszaporodó, táplálkozó és végül elpusztuló baktériumok tárnak fel pl. a cellulóz bontásuk során. Összességében az aktívabb mikrobiális talajéletet serkenjük, mely pozitív hatással van a talaj szerkezetére és művelhetőségére. A lebomló tarlóból nyert tápanyagok miatt spórolhatunk a műtrágyán, támogatják a humuszképződést és a lebomlás miatt csökken a kórokozók élettere, így akár a növényvédelem költsége is csökkenhet. A javuló talajszerkezet (tápanyag-, víz- és hő- gazdálkodás) szélsőséges időjárási körülmények között előnyös lehet.

A tápanyagot tavasszal magágykészítés előtt jutatjuk ki a Dr. Szabó Agrokémia Kft által a felhőbe feltöltött térképek alapján. Átlagban 200 kg/ha Sileno Starter NPK 9:19:0 + 20 SO₃ + 0,06 B + 0,032 Cu + 0,17 Zn + 0,1 Mn + 0,003 Mo + 13 CaO + 3,5 MgO kijuttatása történt a területre (7. ábra),



7. ábra Sileno NPK kijuttatási térkép (Forrás:Dr.Szabó Agrokémia Kft)

Az utóbbi egy évben megemelkedett nitrogén műtrágya árak miatt is előkerültek azok a növények melyeknél kevesebb a nitrogén felhasználás. Így jött képbe a len és csicseriborsó termesztés is. De a szója termesztése során is lényegesen kevesebb a nitrogén műtrágya kijuttatás, mint például egy kukoricánál. A területre a Pétisó (27% N, 7 % CaO, 5% MgO) kiszórása átlag 176 kg/ha adagban történt (8. ábra).



8. ábra Pétisó kijuttatási térkép (Forrás:Dr.Szabó Agrokémia Kft)

Talajelőkészítés

A kukorica betakarítása után a legrövidebb időn belül megtörtént a tarló sekély hántása Amazone Catros 6002- 2TS rövidtárcsával (9. ábra). A tárcsa Phyller kijuttató szerkezettel van szerelve, így egy menetben kijuttatható és bekeverhető a phylazonit tarlóbontó baktérium 10 l/ha mennyiségben.



9. ábra Amazone Catros 6002- 2TS rövidtárcsa Phyller kijuttató szerkezettel (forrás: saját)

Még az őszi folyamán megtörtént az őszi mélyszántás Lemken VariDiamant 10 ekével (10. ábra). Az őszi mélyszántás jelentősége a téli csapadék veszteségmentes befogadásában van. Korábbi években gabona tarló után forgatás nélküli talajművelést is alkalmaztunk a szója alá. A vizsgált évben a kukorica elővetemény nagyobb szártömege miatt döntöttünk a forgatásos művelés mellett.



10. ábra Lemken VariDiamant 10 eke (forrás: saját)

A tavaszi előkészítő munkák során törekedni kell a nedvesség megőrzésére. Fontos a szántás optimális időben történő elmunkálása, simítózása. Magágykészítés előtt 2023.05.03-án kijutattuk a Sileno és Pétisó műtrágyákat a korábban ismertett dózisban és térképek alapján. Még az nap megtörtént a magágykészítés Farmet Kompaktomat Long munkagéppel (11. ábra). A kompaktor szintén phyller kijuttató berendezéssel szerelt, így a magágykészítéssel egy menetben megtörtént a Phylazonit szója NG talajoltó baktérium készítmény kijuttatása 15 l/ha adagban. Talajelőkészítés során fontos a minőségi magágy készítése, talajszerkezet megóvása, kedvező talajélet feltételeinek biztosítása. Szójánál különösen lényeges a sima talajszint kialakítása a veszteségmentes betakarítás érdekében.



11. ábra Farmet Kompaktomat Long munkagép phyller kijuttató berendezéssel (forrás: saját)

A szója vetése

A szója optimális vetési ideje április 15. – május 10. A szója csírázása akkor indul meg, ha a mag nedvességtartalma eléri az 50 %-ot, és ha a talajhőmérséklet meghaladja a 16 °C-t. Mivel a szója rövid nappalos növény, ezért tenyészideje esetleg csak 6-8 nappal hosszabbodik meg későbbi vetés esetén. Így esetlegesen érdemes várni esőre vagy megfelelő talajhőmérsékletre. Vetésmélység 3-5 cm talajszerkezettől és nedvességtől függően. Sortávolság szójánál több féle lehet gabona, dupla gabona vagy tripla gabona sortáv, szemenként vető géppel 45-50 cm vagy akár 76 cm is. Általában az ajánlott tőszám 350-550 ezer növény/ha. Mi az idei évben az ES Director fajtát május 5-én vetettük 4 cm mélységben Amazone Cirrus 6003-2 vetőgéppel (12. ábra), melynél a

sortávolság 16,7 cm. A kivetett vetőmag mennyisége 500.000 csíra/ha. A fajtatulajdonos ajánlása egyébként 500-550.000 csíra/ha.



12. ábra Amazone Cirrus 6003-2 vetőgép (forrás: saját)

A szója növényvédelme

Az eredményes szójatermesztés egyik legfontosabb technológiai eleme a növényvédelem. Ide tartozik a gyomirtás, a növényi betegségek és a kártevők elleni védekezés. Sajnos korábban volt olyan év mikor megtapasztaltuk nagy termést nem lehet aratni elgyomosodott szójából. A gyomirtási technológiánkban elengedhetetlen az alap gyomirtás preemergensen, tehát vetés után, kelés előtti kijuttatás. Ez igazán akkor tud eredményes lenni, ha kap 10-20 mm bemosó csapadékot permetezés után. Majd a további gyomszabályozási felülkezelések annak függvényében történnek, milyen gyomnövények jönnek elő a későbbiek során. Az alap gyomirtást három nappal a vetés után május 8-án végeztük el Lemken Primus 35 permetezőgéppel (13. ábra). A felhasznált gyomirtó szer Command 48 EC 0,3 l/ha dózisban. A szer a magról kelő egy és kétszikű növények ellen hat. Szerencsére négy napon belül érkezett rá 18 mm bemosó csapadék, így bízhattunk az alap gyomirtás sikerében.



13. ábra Lemken Primus 35 permetezőgép munka közben (forrás: saját)

Idén úgy döntöttünk a Huminisz Kft szója technológiai ajánlását fogjuk alkalmazni a növényállomány lombtrágyázására. Az ő ajánlásuk a következő:

1. kezelés: intenzív növekedés kezdete: Kondisol 4liter/ha + Solvitis Zn 1liter/ha
2. kezelés: virágzás kezdete: Kondisol B+S 4liter/ha + Solvitis BórMo 1liter/ha
3. kezelés: hüvelyképződés kezdete: Kondisol 4liter/ha + Solvitis Mikrokomplex 1liter/ha.

A következő növényvédelmi beavatkozás fenyércirok elleni védekezés volt június másodikán. Ekkor a gyorsan felszívódó, szuperszelektív egyszikűirtó készítményt, a Gramint alkalmaztuk 1,2 l/ha dózisban és mellé került a tankkeverékbe a Kondisol 4 l/ha, valamint a Solvitis Zn 1 l/ha adagban. Ezt követte június 12-én Listengo gyomirtóval történő beavatkozás. Erre a parlagfű miatt volt szükség. Június 26-án a virágzás kezdetén újabb lombtrágyázás Kondisol B+S 4 l/ha és Solvitis BórMo 1 l/ha adagban. A

hüvelyképződés kezdeti időszakában pedig az utolsó lombtrágyázás is megtörtént július 31-én. Ekkor szintén Kondisol 4 l/ha, valamint Solvitis Mikrokomplex 1 l/ha dózisú kijuttatása történt. Az utolsó növényvédelmi beavatkozás az állományszárítás volt szeptember 10-én Reglone Air 2 l/ha dózisában. Erre azért volt szükség, hogy elősegítsük az egyöntetű betakarítást a szemek nedvességtartalmának összehozásával.

Szójában is előfordulnak vírusok okozta, baktériumos, gombás betegségek, de ezek ellen nem kellett védekeznünk. Szintén nem kellett beavatkoznunk rovarkártevők miatt sem. Korábban volt olyan év mikor a bogáncslepke hernyója okozott kártételt.

A szója öntözése

A szója vízigénye magasabb mint a gabonáké. 1 kg szárazanyag előállításához 750-800 l vizet használ fel. A növény fejlődésének kritikus időszaka a virágzás – hüvelykötés – magtelés. Ez Magyarországon június – július – augusztus első felére esik. Későbbi öntözése már nem ajánlott, mert késlelteti és egyenlőtlené teszi az érést. Június 28-án fektettük le az öntözőcsöveket a táblán található 2 db kúthoz. Az 1-es kútból a tábla keleti felén fektettük le keresztbe a Bauer HK 133 mm gyorskapcsolású tüzihorganyzott acél öntözőcsöveket, míg a 2-es kútból a tábla közepére. A lefektetett csövek közé 5-5 db hidráns lett beépítve. A kutakban szivattyúk találhatók. Az áramellátás Elcos GE.AI 110/100 LT aggregátorról történik, amelyről egyszerre mindkét szivattyú üzemel. A kutak vízhozama 550 l/perc. Mindegyik ágról 1-1 db BAUER RAINSTAR T90-450/T61 típusú csévélődobos öntözőgép (14. ábra) működik. Az öntözőgépek napelemes energiaellátású Ecostar 4300 öntözőcomputerrel vannak ellátva. A táblán 5 nap alatt ért végig a 2 db öntöződob 1-1 öntözés alkalmával. Június 29 és július 24 között 3x27 mm/ha vízádagot öntöztünk ki a táblára.



14. ábra BAUER RAINSTAR T90-450/T61 típusú csévélődós öntözőgép (forrás: saját)

Betakarítás, tárolás

A betakarítást New Holland CR8.80 kombájnnal (15. ábra) történt átlagosan 11,5% szemnedvességgel. A kombájn helyspecifikus (GPS,/DGPS,RTK) precíziós munkavég-

zésre alkalmas eszközei a New Holland RTK szintű hidraulikus robotkormányzás, a New Holland NAV900 kontroller, a New Holland IntelliView IV érintőképernyős információs monitor. Hozam-nedvességmérő szenzorok, a rendszer hozamtérkép szintű aktiválással rendelkező már meg lévő monitorral vezérelve. Aratáskor a helytelen munkavégzés miatt a veszteség akár a 30%-ot is elérheti. A veszteség meghatározói a betakarítás időpontja, a tábla gyomossága, a talaj felszíne, kombájn állapota, gépbeállítás és haladási sebesség. A tisztítás argentin gyártmányú RZD-80 rostákkal történik. Rostálás után 1000 kg-os big-bag zsákokba töltöttük és úgy tároljuk. Mi a tisztítás során a földet, szár és becőmaradványokat, gyommagvakat és a tört szemet távolítjuk el. Vetőmag minőségre előzetes csíra és kortani vizsgálat után a Galldolf Zrt saját vetőmagüzemében dolgozza fel.



15. ábra New Holland CR8.80 kombájn (forrás: saját)

4. A FELHASZNÁLT MŰHOLDFELVÉTELEK BEMUTATÁSA, ELEMZÉSE

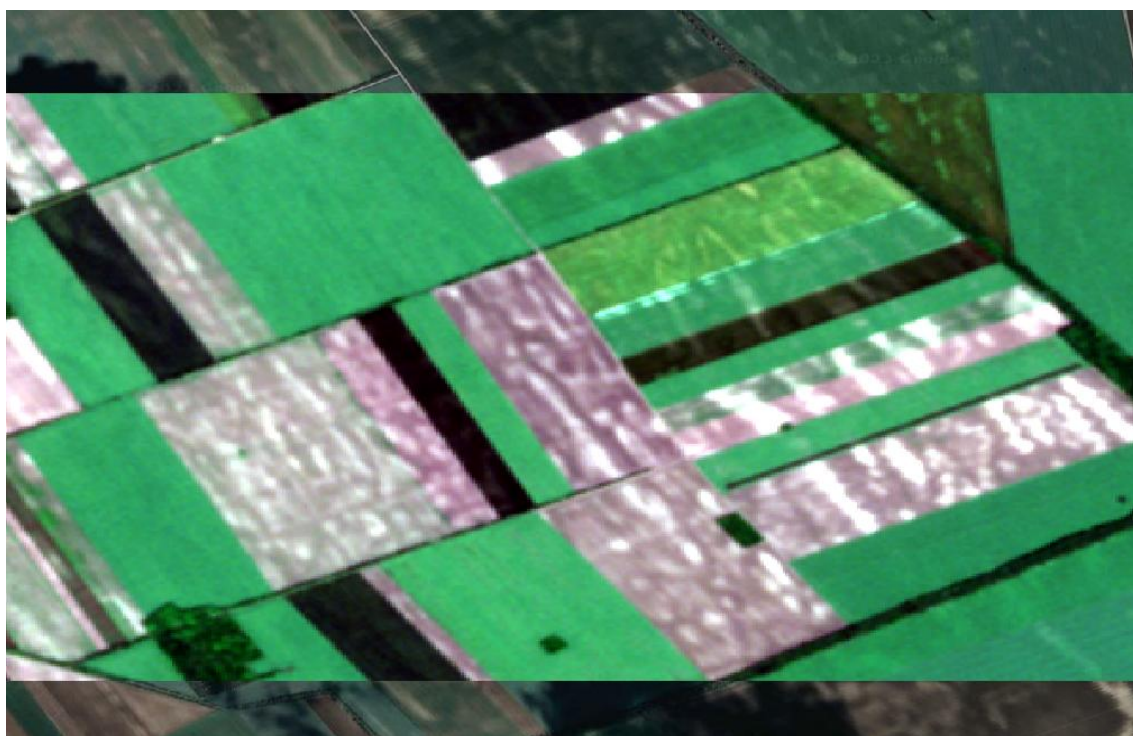
4.1 Műholdképek kiválasztása és letöltése

A vizsgálataimhoz Sentinel2 adatokat használtam. A Sentinel-2-t az Európai Űrügynökség fejlesztette ki és üzemelteti. A Copernicus SENTINEL-2 küldetés két sarkkörben keringő műhold konstellációjából áll, amelyek ugyanazon a napszinkron pályán helyezkednek el, egymáshoz képest 180° -os fázisban. Célja a szárazföld felszíni körülményeinek változékonyságának, széles sáv szélességének (290 km) és magas visszatérési idejének (10 nap az egyenlítőn egy műholddal és 5 nap 2 műholddal felhőmentes körülmények között, ami 2-3 nap a középső szélességeken) támogatja a Föld felszíni változásainak nyomon követését. A küldetés a szolgáltatások és alkalmazások széles körét támogatja, mint például a mezőgazdasági megfigyelés, a vészhelyzetek kezelése, a talajborítás osztályozása vagy a vízminőség.

A műholdképek letöltéséhez az EO Browser felületet alkalmaztam. Betöltés előtt kiválasztottam a 2023.06.01 időpontot és a műhold típusát (Sentinel-2), illetve külön figyelmet fordítottam a felhősség paraméterre is, ott maximum 20%-os felhősséget engedtem meg. Mivel NDVI indexet vizsgáltam, ezért az alapvető R, G, B sávokon kívül az infravörös sávot is letöltöttem, így a következő sávok alakultak ki: B02 , B03 , B04 , B08. A területet viszonylag korai szakasztól kezdve vizsgáltam egymás után levő 3 hónapban (június, július, augusztus).

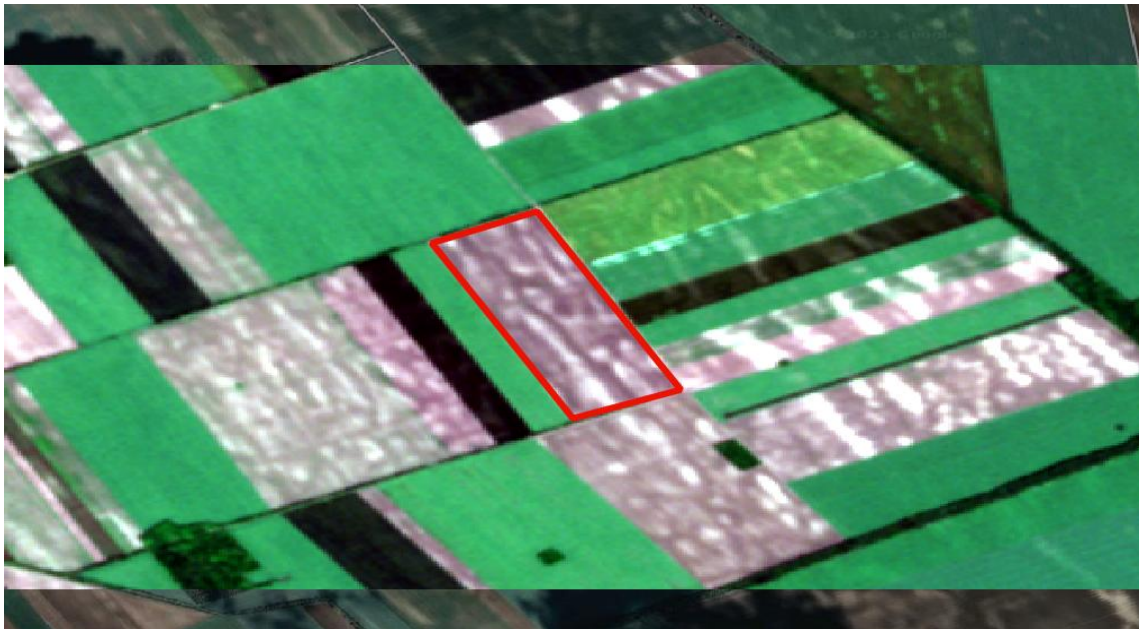
4.2 Adatok előkészítése

A szója tenyészidőszakában a vegetációnak és felhőmentes napoknak megfelelően vizsgáltam május 5 és szeptember 10 közötti időszakot. Ebből választottam ki három időpontot, egyet a korai fejlődési szakaszból (június 1.), a virágzási szakaszból (július 23.) és az érés szakaszából (augusztus 27.), mert így a szója hozamadatait hozzá tudtam hasonlítani a különböző fejlődési szakaszokban letöltött NDVI értékkel ellátott műholdas felvételekhez. A kiválasztott területet QGIS környezetben vizsgáltam. Megkerestem a vizsgálandó területet (ami jelen esetben Sárkeresztúr 0193/5,6 HRSZ) az EO Browser felületen, majd QGIS szoftverben beimportáltam a sávokat és előállítottam az RGB színes kompozitot, a B04, B03, B02 sáv felhasználásával (16. ábra). Ezeket mindhárom kiválasztott időpontban végigcsináltam, de részletesebben az első időpont kerül bemutatásra, a másik kettőnél pedig csak a végeredmény.



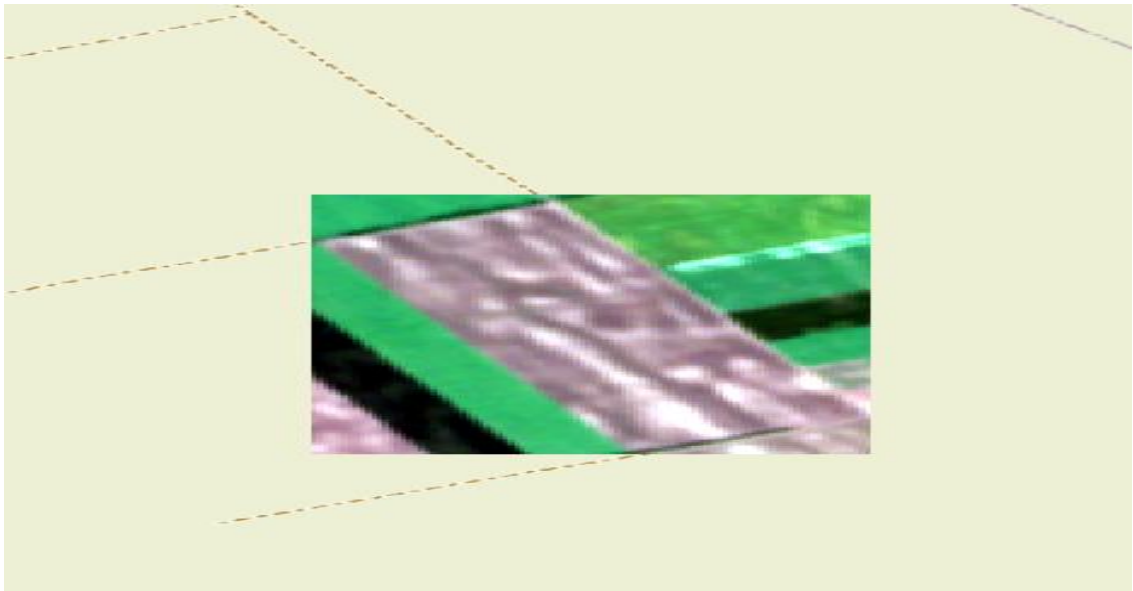
16. ábra A kiválasztott terület és környéke B04, B03, B02 sáv felhasználásával (forrás: saját feldolgozás)

Ezután pedig létre hoztam az új vektoros réteget, amelyen manuálisan kijelöltem a táblahatárt (17. ábra). Ebből pedig egy SHP fájlt készítettem.



17. ábra A kijelölt táblahatár (forrás: saját feldolgozás)

Majd kivágtam a táblát (18. ábra), hogy ne az egész felvételt kelljen kezelni. Raszter vágása terjedelemmel parancs segítségével.

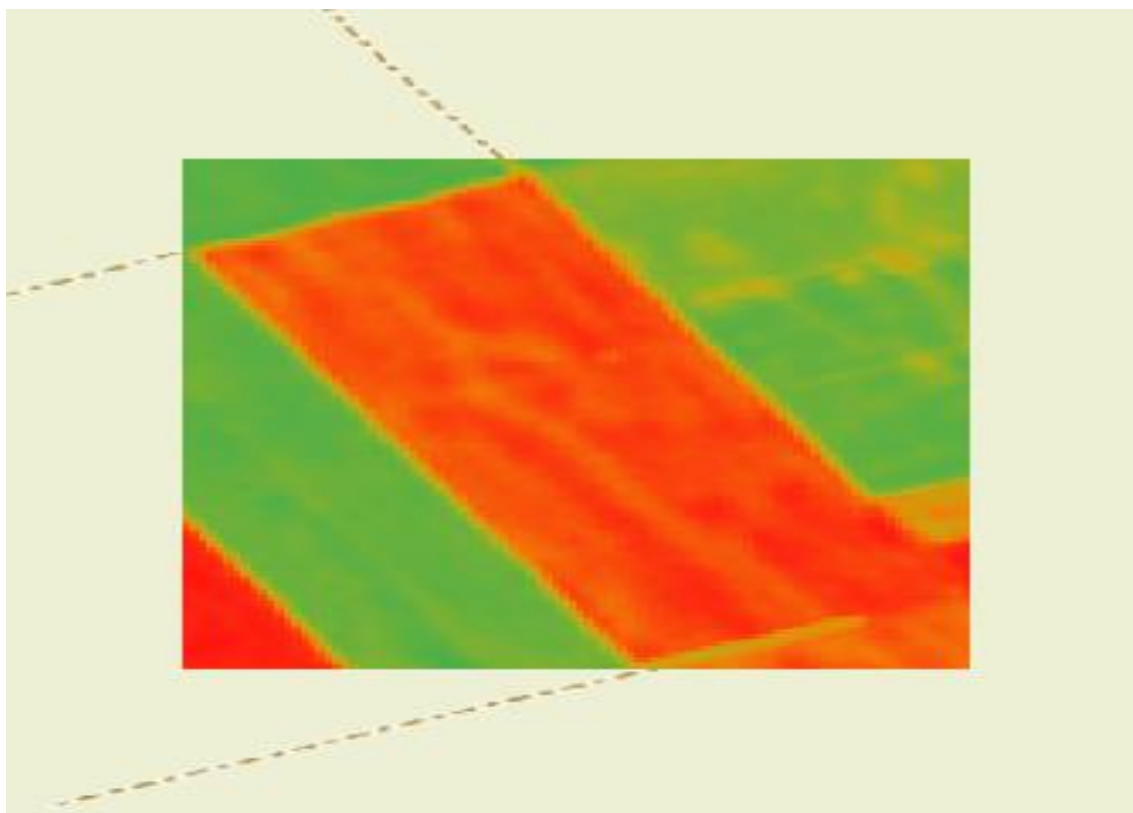


18. ábra Tábla kivágása raszter vágása parancssal (forrás: saját feldolgozás)

4.3 Indexszámítás (NDVI)

Indexként a már említett NDVI indexet vizsgáltam a területen. A sávok kiválasztásánál már figyelembe kellett ezt venni, ugyanis az NDVI index infravörös sávot is alkalmaz. Azért választottam ezt az indexet: mert az alapvető növényegészségügyi állapotot és tápanyag ellátottságot ezzel vizsgáljuk. Az NDVI index is egy képlet alapján írható le: $NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$, ahova a sávok tartalmát kell behelyettesíteni, ahol a NIR-t a B08 és a RED-et pedig B04 sávval helyettesíthetjük.

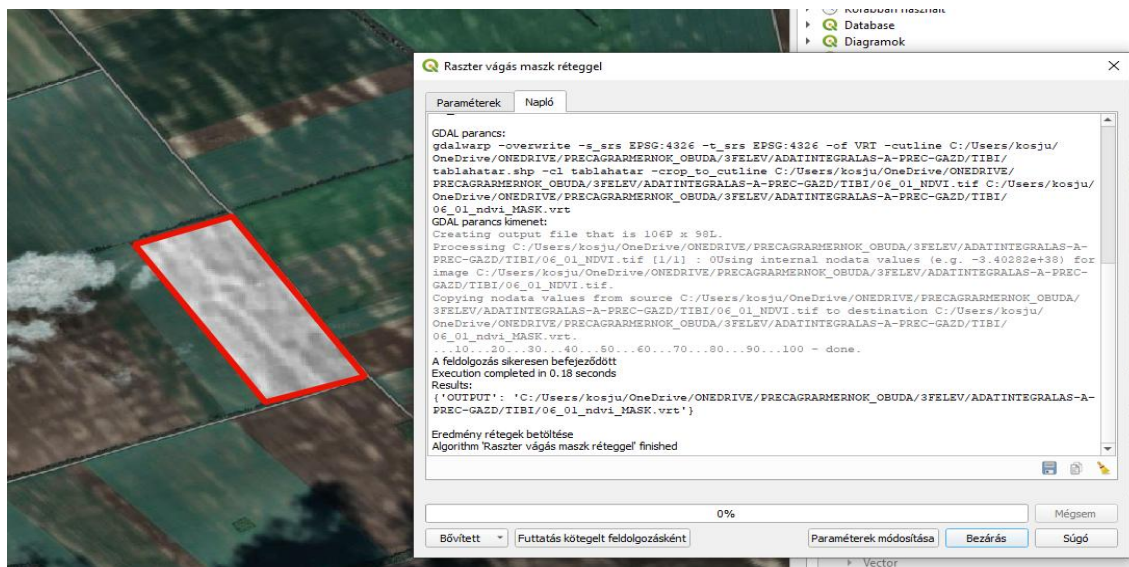
Raszter kalkulátor segítségével elvégeztem a számolást. Az index képet osztályoztam és különböző színekkel jelenítettem meg a különböző állapotokat (19. ábra).



19. ábra A vizsgált terület NDVI index képe (forrás: saját feldolgozás)

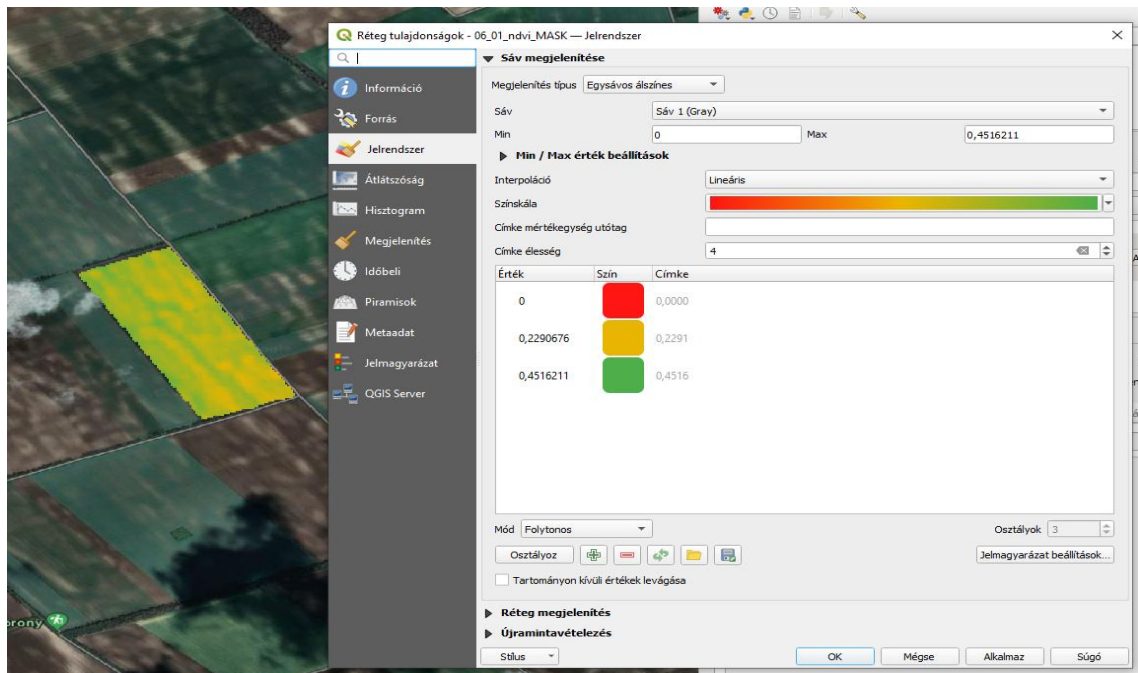
4.4 Táblán belüli variabilitás (heterogenitás) meghatározása

A szegmentálás a képpontok kategóriákba sorolása, de fontos az egyes pontok helye. Szegmentáláskor a teljes területet felosztottam, ezért a vizsgált táblára lehatároltam. Az elkészített SHP fájl alapján Raszter vágás maszk réteggel parancs segítségével kivágtam a vizsgálandó területet (20. ábra).



20. ábra Rasztervágás maszk réteggel (forrás: saját feldolgozás)

Majd szintén a jelrendszert állítva frissíttem az NDVI felvételemet (21 ábra).



21. ábra Frissített NDVI felvétel (forrás: saját feldolgozás)

Szegmentálási feladatot a GRASS eszköztárból az i.segment parancs segítségével végeztem el.

Az algoritmus bemenete:

- a táblahatárral körülvagott raszteres réteg
- legkisebb szegmens mérete, azt nem mondhatjuk meg, hogy hány szegmens legyen, de azt befolyásolhatjuk, hogy mekkora legyen a legkisebb részlet

Majd utána ábrázoljuk a szegmenseket és egy vektorgrafikus állományt, szintén egy SHP fájlt készítettem (22. ábra), a Felület készítés (Raszter -> Vektor) paranccsal.

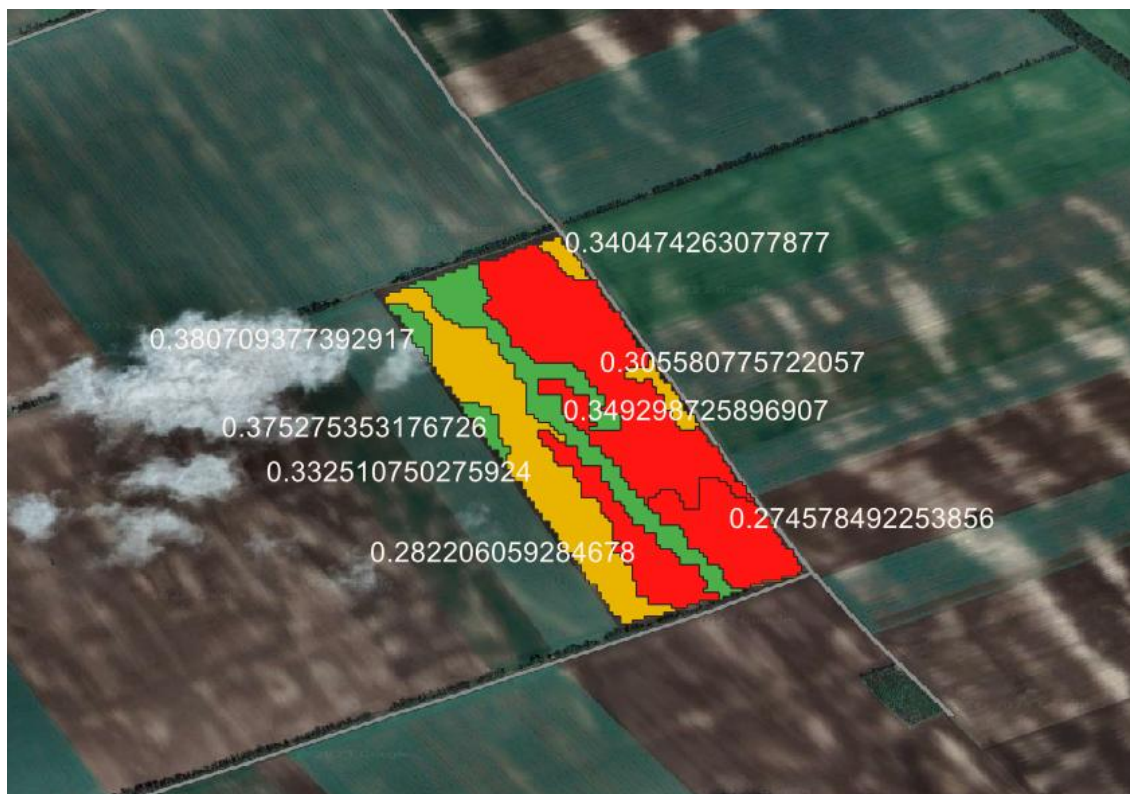


22. ábra Vektorgrafikus felvétel (saját feldolgozás)

Övezet statisztika parancsot lefuttatva vektor rétegen lévő felülethez hozzárendelhetünk mérőszámokat amiket egy raszter réteg felületen belüli pixeleinek értékeiből számolunk ki (pl.átlagos NDVI érték).

A létrehozott statisztikában, zónatervben, SHP fájl attribútum táblázatában megtalálható mindegyik zónához a „mean” átlagérték, amelyek a konkrét NDVI értéket jelölik adott zónához. Ezek elég sok tizedes jeggyel ellátott értékek, ezért én a „round (ertek,3)” függvényt alkalmaztam a kerekítéshez és megjelenítettem a zónákon.

Jelrendszert módosítva szintén létrehoztam egy osztályzást, ahol az osztályok számát 3-ra állítottam és saját színskálát paramétereztem (23. ábra). A pirostól a zöld színig, ahol piros a gyengébb, sárga az átlagos, zöld a jobb területek.



23. ábra 2023. június 01. osztályozott felvétel a területről NDVI értékekkel (forrás: saját feldolgozás)

4.5 Az EO Browser felületről letöltött műholdfelvételek kiértékelése

A vizsgált területről három időpontban töltöttem le műholdas felvételeket. Az első időpont 2023. június 01., a második időpont 2023. július 23., míg a harmadik időpont 2023. augusztus 27. A zónákkal ellátott térképekhez rendeltem átlagos NDVI értékeket. Az első időpont osztályozott műholdas felvétele a területről a 23. ábrán látható.

A június eleji felvételen a szójabab még korai fejlődési stádiumban található. Ennek megfelelően az NDVI értékek alacsonyabb mutatókkal rendelkeznek. A tavalyi aszályos évben termelt növényeknél gyengébb termések és a magvak csíráképessége is rosszabb volt. Így a 2023-as évben pár százalékkal rosszabb csíráképességű vetőmagot

kaptunk az előző évekhez megszokottakhoz képest. Kelés után gyalogosan is besétálva a korábbi évekhez képest a növényállomány ritkább volt.

Ha megnézzük a 23. ábrát látható, hogy a terület nagyobb része a piros zónába esik. Ennek a zónának a legalacsonyabb az NDVI index értéke kb 0,27-0,28. Kisebb hányadot képviselnek 0,33-0,34-es értékekkel a sárga zónák, míg a legkisebbet területet pedig a zöld zónák 0,37-0,38-as értékekkel. A tanulmányaim során tudom, hogy ha minél jobban közelít az 1-hez az NDVI index szám, akkor erősebb vegetáció található a területen. A vizsgált korai fejlettségi állapotban az itt mért értékek szerintem ekkor még elfogadhatóak.

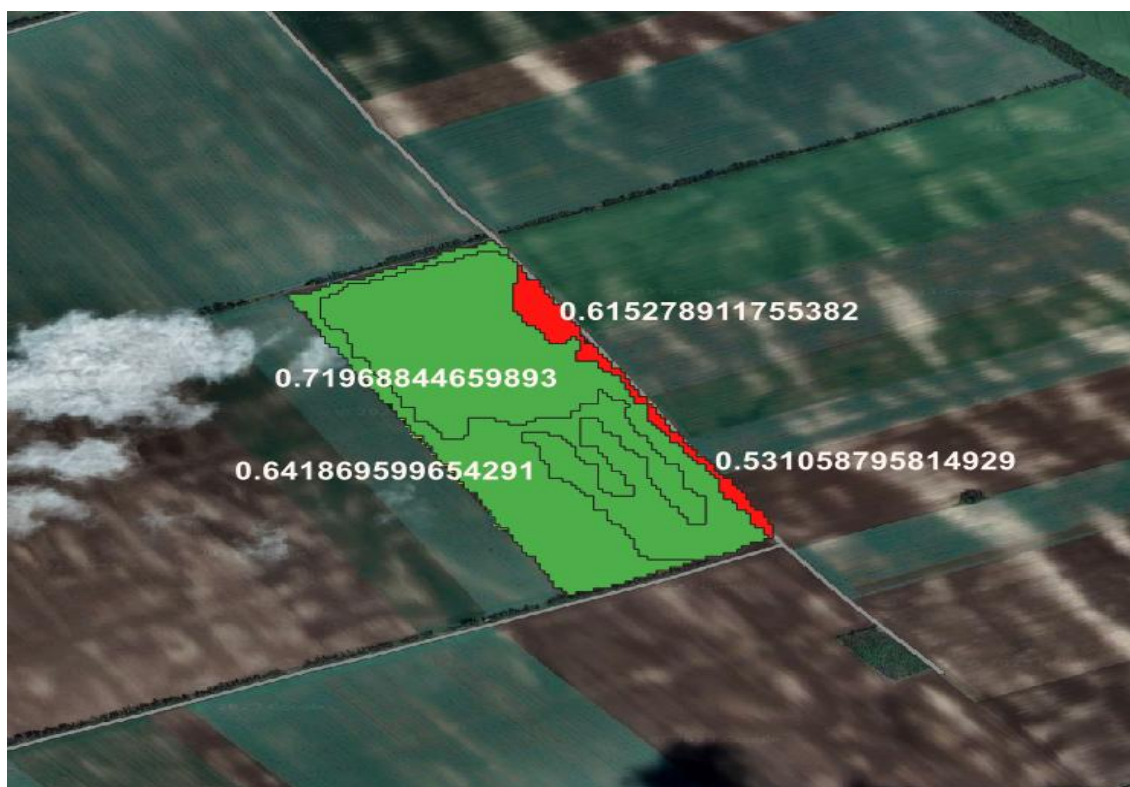
A következő időpont a július 23. (24. ábra). Ennek az időpontnak a vizsgálatára azért esett a választásom, mert a szakirodalmi adatok gyűjtése során, mind az amerikai, mind a magyar vizsgálatok, kísérletek arra az eredményre jutottak, hogy a szója virágzásának ideje alatti időpont optimális a szójabab termésének előrejelzésére.



24. ábra 2023. július 23. osztályozott felvétel a területről NDVI értékekkel (forrás: saját feldolgozás)

Ha megnézzük ezt a 24. ábrát látható, hogy itt szinte az egész tábla egységes egészséges állománynak tűnik az NDVI értékek alapján. Az értékek itt már közelítenek az 1-hez. A tábla K-i sarkánál a szélen található egy keskenyebb sáv, ami piros színnel jelölt. Ez a sáv a két kút között található. Itt az alacsonyabb értéket az okozhatta, hogy a két kút egy áramfejlesztő generátorról volt működtetve és itt ment a vezeték, ami miatt taposási kár lépett fel.

A harmadik időpont 2023. augusztus 27. (25. ábra) már az érés idejére esett. Ekkora már az állomány elkezdett száradni, de még érésgyorsítás előtt voltunk. Az látszik, hogy az NDVI értékek még mindig magasak, viszont csökkenés tapasztalható, ez abból adódik, hogy a kultúra elkezdett száradni, viszont nagyobb volumenű problémát nem tapasztaltunk. Kisebb érték csak az út melletti sávban látható, mely egy részt származhat a taposási kárból, valamint, hogy az öntözés nem ment egészen ki az útig és a kevesebb vizet kapott széle gyorsabban száradásnak indult. Összességében elmondható, hogy a területen a növényállomány kellemesen fejlődött a vegetációs időszak alatt.



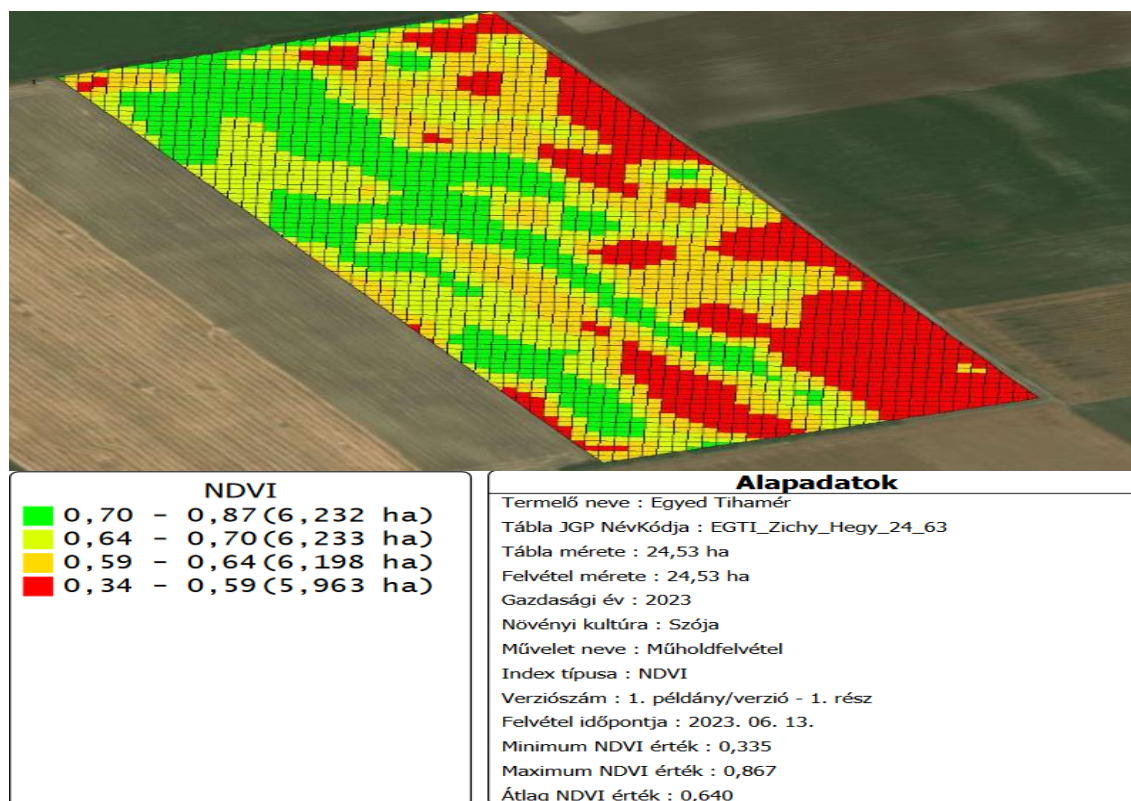
25. ábra 2023. augusztus 27. osztályozott felvétel a területről NDVI értékekkel (forrás: saját feldolgozás)

4.6 Az EOS Növény Monitoring rendszerből nyert műholdképek kiértékelése

A Dr. Szabó Agrokémia Kft az EOS Növény Monitoring platformot használja a szaktanácsadás során a szaktanácsolt területek rendszeres megfigyelésére. Tőlük is szereztem be négy különböző időpontban készült felvételt. A 2015-ben alapított EOS Data Analytics, INC. technológiai vállalat EOS Növény Monitoring rendszere egy komplex műholdas megfigyelő platform, amelyet a cég az innovatív precíziós gazdaságok és mezőgazdasági termelők, szaktanácsadók számára fejlesztett ki. A platform a saját EOS Sat műholdas rendszere mellett, a Sentinel2 és a Landsat8 műholdas rendszerek adatait integrálja földi megfigyelő állomások adataival. A 3-5 naponta szolgáltat adatokat a növények aktuális állapotát jellemző indexekről (NDVI, GNDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI). Folyamatos információt nem csak a növények fejlődési stádiumáról biz-

tosít, hanem a teljes vegetációs idő alatti történeti időjárási adatokat, vegetációs index változásokat és 14 napos, nagy pontosságú csapadék és hőmérséklet előrejelzést is nyújt a felhasználók számára. A feltöltött táblákra vonatkozóan részletes domborzati- és területlejtési adatok is elérhetőek, ezzel támogatva az elemzések, döntések megalapozottságát.

Az első felvétel (26. ábra) 12 nappal később 2023. június 13-án készült a saját feldolgozású felvételemhez képest. Megfigyelhető a zónák hasonlósága a június elsejei felvételhez hasonlóan, az NDVI index értékek viszont emelkedtek a növények fejlődésének megfelelően. A terület fele (körülbelül 12,5 ha) az átlag érték (0,64) fölé, míg körülbelül 12,2 ha alája esik.



26. ábra 2023.06.13. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)

A második felvétel (27. ábra) 2023. július 11-én készült. Ekkor a szója már virágzásban járt. Az öntözést is megkezdtük június végén. Körbe a szélekre kevesebb víz

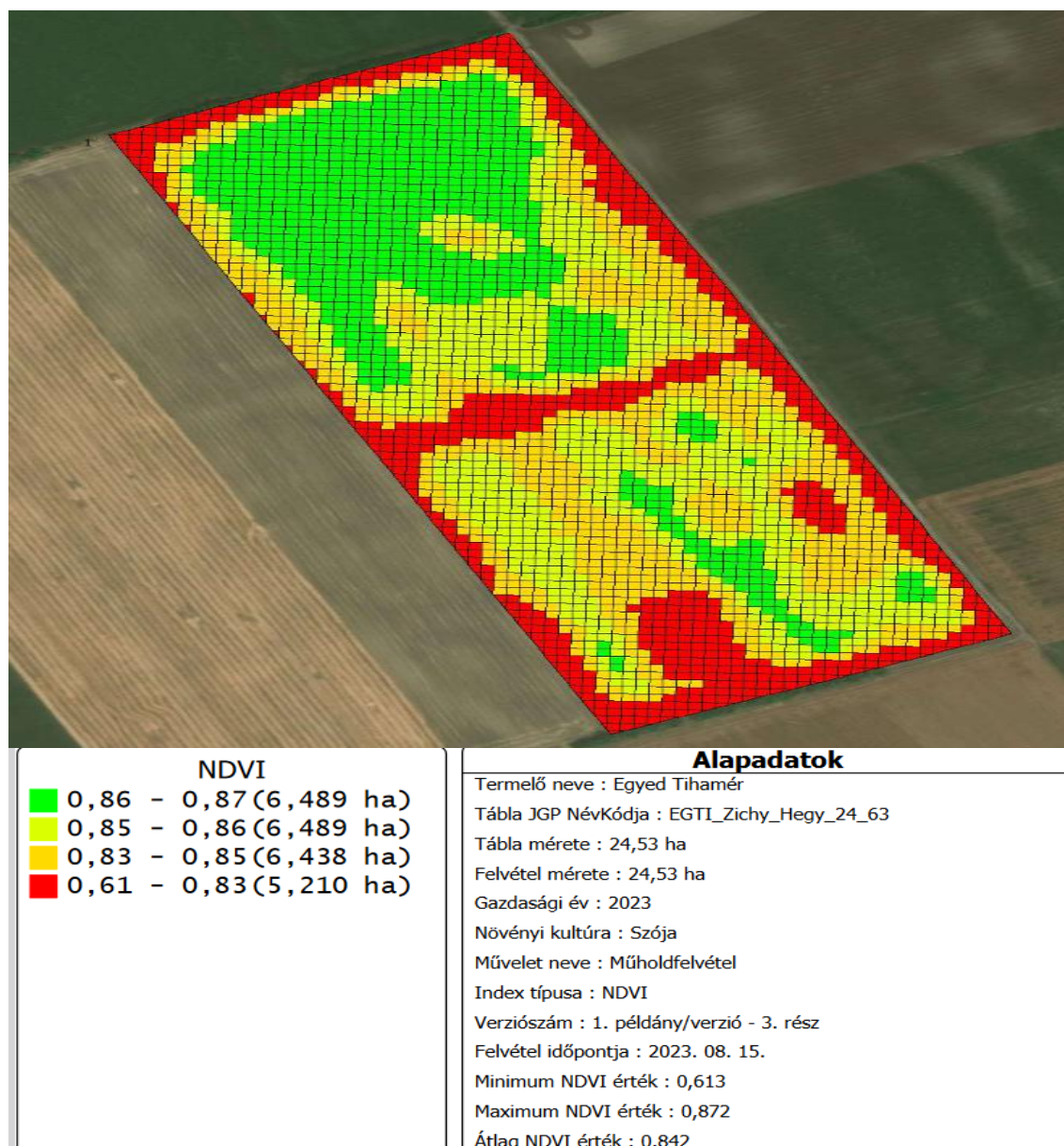
jutott ez az index értékeknél is megfigyelhető a szegélyhatás mellett. Az átlagos index érték 0,868, amibe a tábla közel $\frac{3}{4}$ része bele esik, illetve meghaladja azt.



27. ábra 2023.07.11. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agro-kémia Kft)

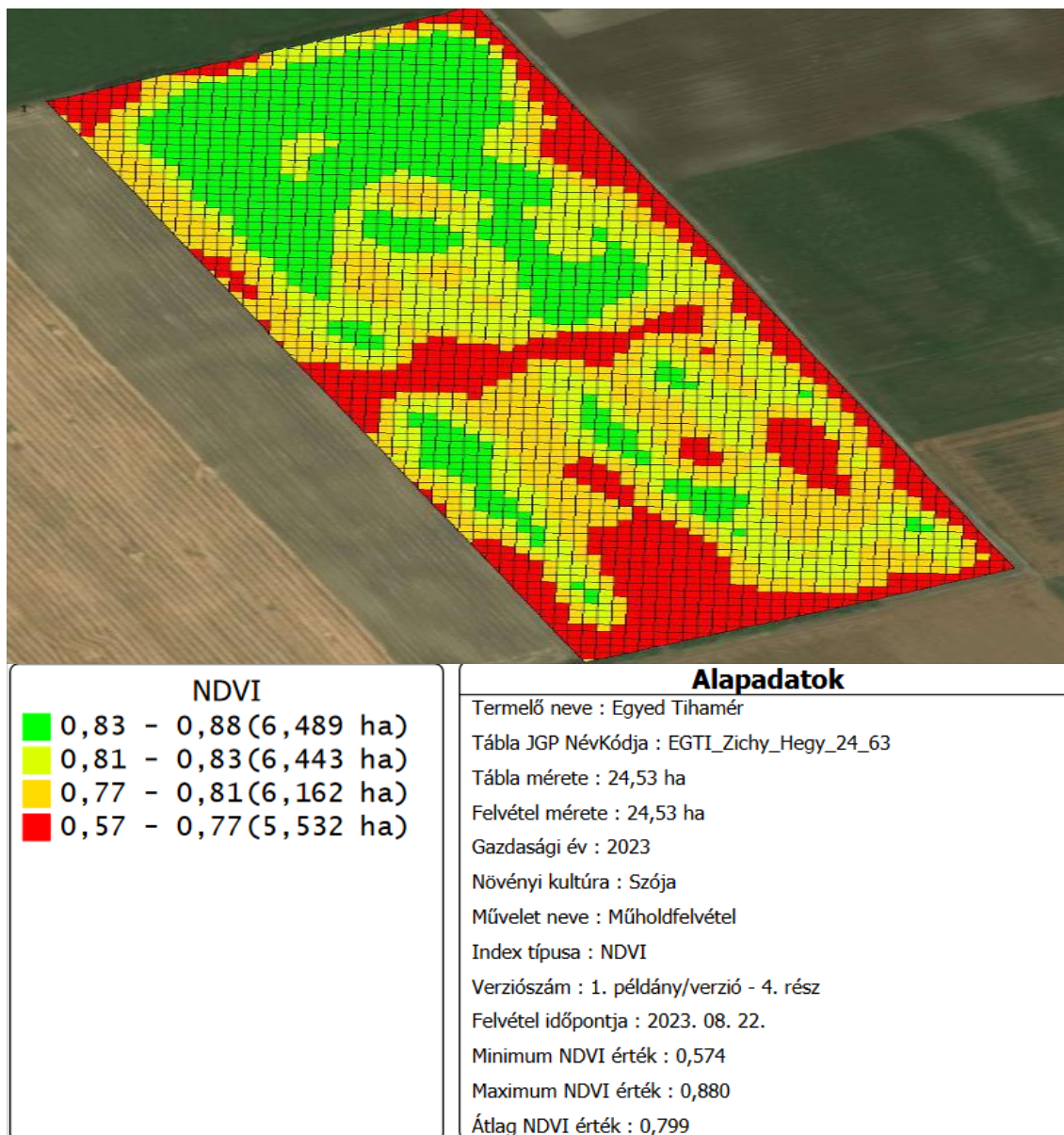
A harmadik felvételezés (28. ábra) 2023. augusztus 15-én készült. A szója ekkorra már elvirágzott, megtörtént a hüvelypépződés is már. Az NDVI index értéke kis

mértékben el kezdett csökkenni, de a 0,842 átlagos értéke nem sokkal marad el az 1 hónappal korábbihoz képest. A terület $\frac{3}{4}$ része ekkor is az átlag vagy a feletti értéktartományba esik.



28. ábra 2023.08.15. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agro-kémia Kft)

A negyedik felvétel (29. ábra) 2023. augusztus 22-én készült. A növényállomány már megindul az érés felé. Ez látszik az index értékek csökkenéséből is. A tábla gyengébb részei jól megfigyelhetők végig a különböző időpontokban.



29. ábra 2023.08.22. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agro-kémia Kft)

4.7 A hozamtérkép kiértékelése

Az aratás New Holland CR8.80 kombájjal történt. A kombájból kimentett hozamadatokat a Dr. Szabó Agrokémia Kft dolgozza fel nekünk. Tőlük származik a 30. ábrán látható hozamtérkép és jelmagyarázat.



30. ábra Hozamtérkép a vizsgált szója területéről (forrás: Dr. Szabó Agrokémia Kft)

A hozamtérképet vizsgálva kitűnik, hogy a tábla felső fele jobb termés hozamot produkált, míg az alsó fele gyengébbet és heterogénebbet. Középen keresztbe volt lefektetve öntözőcső, itt jól látszik a többszöri taposás nyoma a hozam kiesésben. Az úttal párhuzamos széle a táblának kapta a legkevesebb vizet öntözéskor (az útra nem akartunk kiöntözni). A tábla átlagos hozama 2,881 t/ha volt. A területen közel 60%-ban elérte vagy meghaladta ezt a mennyiséget, a maradék 40% pedig alatta maradt. A hozamtérkép a műholdfelvételekkel hasonlóságot mutatott.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Műholdas szemrevételezést csináltam a szója különböző fejlődési stádiumai során és hozzá néztem a betakarítógépből kinyert hozamtérképet. A felvételezés során NDVI indexet néztem. A viszonylag korai fejlődési ciklusban (virágzás előtt 2-4 héttel) készült felvételek a növényállományról már elég jól jelezték a várható hozamok eloszlását a területen.

A virágzás ideje alatt készült műholdas felvételezés során az átlagos index értéket (0,868) elérte vagy meghaladta körülbelül 14,5 ha és körülbelül 10 ha maradt alatta. Ha megnézzük a hozamtérképet, az átlagos terméshozam 2,881 t/ha. Tovább vizsgálva a térképet megállapíthatjuk, hogy körülbelül itt is 14,5 ha magasabb hozam aránylik a körülbelül 10 ha alacsonyabb hozamhoz. Ebben az időpontban készült felvételezés egész pontosan tükrözi a későbbi hozamokat (31. ábra).



31. ábra A hozamtérkép és a 2023.07.11.műholdfelvétel

A magtelés vége, érés kezdete időszakában készült műholdfelvételeken az index értékszámok aránya az átlaghoz képest már eltolódott, a virágzás ideje alatti arányokhoz

viszonyítva. Így ez az időszak már kevésbé mutat pontos becslést a korábbi időszakhoz képest.

Összességében megállapítottam, hogy a különböző időpontokban végzett műholdas termésbecslés NDVI index alapján a szakirodalomnak megfelelően virágzás alatt (60-70 nappal betakarítás előtt) ad a legpontosabb képet. Az aratás szeptember 18-án volt, míg a legpontosabb műholdas felvétel július 11-én. Ha figyelembe vesszük, hogy aratáskor átlagosan 11,5%-os szemnedvesség volt, akkor pár nappal előbbre is hozhatuk volna az aratást. A többi időpont is tud valamelyes támpontot adni, de legjobban a virágzáskori indexek használhatók fel a hozambecslésre.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Sárkeresztúron egy közel 25 hektáros szójatáblán vizsgáltam a hozam és a vegetációs indexek közül NDVI index összefüggését. A területre jellemző a mészlepedékes csernozjom, ahol a talajképző kőzet löszös homok, homokos lösz, illetve lösz. A szója termesztése vetőmag előállítás céljából történik. A 25 hektáros területen található 2 darab kút, amelyekből BAUER RAINSTAR T90-450/T61 típusú csévélődobos öntözőgépekkel 3X27 mm vizet jutattunk ki a szója virágzásának ideje alatt.

A szója tenyészidőszaka alatt különböző időpontokban töltöttem le az EO Browser felületről műholdfelvételeket, majd a kiválasztott területet QGIS környezetben vizsgáltam. Valamint a gazdaság precíziós szaktanácsadó cégétől a Dr. Szabó Agrokémia Kft által használt EOS Növény Monitoring rendszerből nyert műholdképek vizsgáltam meg és hasonlítottam össze a betakarítást végző New Holland CR8.80 kombájnából nyert hozamtérképpel.

Az első időpontok a szója korai fejlettségének időpontjában voltak. Virágzás előtt 2-4 héttel, június első felében. Itt is már egész jól jelezték a műholdas felvételek a várható termés hozam jövőbeni eloszlását összehasonlítva a hozamtérképpel, de itt még nem annyira pontosan.

A következő időpontok a virágzás idejére estek. Itt már elmondható, hogy a vegetációs indexek nagy pontossággal képesek megbecsülni a várható termés hozamokat szója esetében. Szinte teljesen egybeestek a zónák várható termés hozamai a mért termés hozamokkal.

Ezekén kívül vizsgáltam még a magtelés vége, érés kezdete időszakában készült műholdfelvételeket. Nagy vonalakban itt is meg van a hasonlóság a mért hozamtérképhez, de olyan pontos becslést nem kapunk, mint az előző időpontokban.

Összességében a vizsgálati eredményeim alapján megállapítottam, hogy a jövőben a szójatermesztés során nyugodtan lehet alapozni termésbecslés során a növények virágzási fázisában történő NDVI index értékeire.

7. SUMMARY

On a 25-hectare soybean field in Sárkeresztúr, I investigated the relationship between the yield and the NDVI index among the vegetation indices. The area is characterized by calcareous chernozem, where the soil-forming rock is loess sand, sandy loess, or loess. Soy is grown for seed production. There are 2 da-rab wells located on the 25-hectare area, from which we applied 3X27 mm water with BAUER RAINSTAR T90-450/T61 reel drum irrigation machines during the flowering period of the soybeans.

During the soybean growing season, I downloaded satellite images from the EO Browser interface at different times, and then examined the selected area in the QGIS environment. Also, I examined satellite images obtained from the EOS Plant Monitoring system used by Dr. Szabó Agrokémia Kft.

The first dates were at the time of the early development of soybeans. 2-4 weeks before flowering, in the first half of June. Here, too, the satellite images indicated quite well the future distribution of the expected crop yield compared to the yield map, but not so precisely here.

The following dates fell during flowering. It can already be said here that the vegetation indices are able to estimate the expected crop yields in the case of soy with high accuracy. The expected crop yields of the zones almost completely coincided with the measured crop yields.

In addition to these, I also examined satellite images taken during the period of the end of seeding and the beginning of ripening. Broadly speaking, there is also a similarity here with the measured yield map, but we do not get such an accurate estimate as at the previous times.

Overall, based on my test results, I found that in the future, during soybean cultivation, it is safe to base the yield estimation on the values of the NDVI index during the flowering phase of the plants.

8. IRODALOMJEGYZÉK

Amankulova, K. (2023): Comparison of PlanetScope, Sentinel-2, and landsat 8 data for estimating within-field variability in soybean yield using random forest regression. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com> › pii

Ambrus A., Burai P., Lénárt Cs., Enyedi P., Kovács Z. (2015): Estimating biomass of winter wheat using narrowband vegetation indices for precision agriculture. Journal of Central European Green Innovation 3 (2): 13–22.

Diriczi Zs. (2017): Hogyan hasznosíthatom a vegetációs index képeket? Agroinform 2017.04.20

Gaál Márta, Péter Krisztina, Takácsné György Katalin, Illés Ivett, Kiss Andrea, Sulyok Dénes, Domán Csaba, Keményné Horváth Zsuzsanna (2017): A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata, Agrárgazdasági Kutató Intézet, 2017

Hedley, C. (2010): Precision irrigation scheduling. Landcare Research, NZ.

<http://www.precisionirrigation.co.nz/en/downloads/file/4/>

ISPA International Society of Precision Agriculture: Precision Ag Definition, 2020

KITE (2016): Itt az ideje a precíziós öntözésnek.

http://www.kite.hu/hirek/itt_az_ideje_a_precizios_oentoetzesnek/172

Kovács Attila, Erdődiné Molnár Zsófia (2019): Műholdas vegetációs indexek és szántóföldi kultúrák termésátlagainak vizsgálata. OMSZ: 2019. március 11. 10:49

Lencsés E. (2013): A precíziós (helyspecifikus) növénytermelés gazdasági értékelése. PhD értekezés (SZIE GSZDI). 179 p.

Mesterházi P. Á. (2013): Development of measurement technique for GPS-aided plant production. Doctoral Dissertation (University of West-Hungary). 143 p.

Milics G. (2008): A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. PhD értekezés (PTE-TTK) 2008.

Milics G., Smuk N., Pörneczi A. (2014): Precíziós gazdálkodás 2. A hozamméréstől a hozamtérképig. Agrofórum Extra 57: 90–93.

Mogyorósi B., Schmidt R., Gergely I., Schmidt P. (2011): OptRXTM szenzor alkalmazásával meghatározott nitrogénfejtárgya-adagok hatása az őszi búza nedvessikértalmára. Acta Agronomica Óváriensis 53 (2): 3–14.

Montgomery, J., Hornbuckle, J., Hume, I., Vleeshouwer, J. (2015): IrriSAT – weather based scheduling and benchmarking technology. In Acuña, T., Moeller, C., Parsons, D., Harrison, M. (eds.): Building Productive, Diverse and Sustainable Landscapes. Proceedings of the 17th Australian Agronomy Conference 2015, 21–24 September 2015, Hobart, Tas.

<http://www.agronomy2015.com.au/papers/agronomy2015final00449.pdf>

Raza, M.M. (2020): Exploring the Potential of High-Resolution Satellite Imagery for the Detection of Soybean Sudden Death Syndrome. MDPI. <https://www.mdpi.com> ›

Reisinger P. (2012): A precíziós növénytermesztés hazai helyzete, eddig elért fejlesztési eredmények és perspektívák. Magyar Gyomkutatás és Technológia XIII. (1): 3–19.

Smuk N., Milics G., Neményi M. (2010): Jövedelemtérképek a precíziós növénytermelésben. Gazdálkodás 54 (2): 176–181.

Tamás J. (2013): Precision Agriculture. University of Debrecen, Service Sciences Methodology Centre, Debrecen, 109 p.

Vértessy L. (2023): Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások. Körforgásos gazdaság elemző központ. MATE Press Gödöllő 2023.

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra A változtatható arányú öntözés (VRI) megoldásai (Forrás: Takács, 2020)	.5
2. ábra A közeli infravörös (near-infrared) és a látható (visible) színtartományok elnyelődése, valamint visszaverődése az egészséges és gyengélkedő növények leveleiről (forrás: NASA).	8
3. ábra Sárkeresztúr 0193/5,6 HRSZ külterület (forrás: MePAR)	14
4. ábra Sárvíz völgye (forrás https://www.enfo.hu/keptar/2809)	15
5. ábra Talajminta vételi térkép (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	16
6. ábra szója korai fejlettségben illetve aratás előtt (forrás: saját)	19
7. ábra Sileno NPK kijuttatási térkép (Forrás: Dr. Szabó Agrokémia Kft)	22
8. ábra Pétisó kijuttatási térkép (Forrás: Dr. Szabó Agrokémia Kft)	23
9. ábra Amazone Catros 6002- 2TS rövidtárcsa Phyller kijuttató szerkezettel (forrás: saját)	24
10. ábra Lemken VariDiamant 10 eke (forrás: saját)	25
11. ábra Farmet Kompaktomat Long munkagép phyller kijuttató berendezéssel (forrás: saját)	26
12. ábra Amazone Cirrus 6003-2 vetőgép (forrás: saját)	27
13. ábra Lemken Primus 35 permetezőgép munka közben (forrás: saját)	28
14. ábra BAUER RAINSTAR T90-450/T61 típusú csévélődobos öntözőgép (forrás: saját)	30
15. ábra New Holland CR8.80 kombájn (forrás: saját)	31
16. ábra A kiválasztott terület és környéke B04, B03, B02 sáv felhasználásával (forrás: saját feldolgozás)	33

17. ábra A kijelölt táblahatár (forrás: saját feldolgozás)	34
18. ábra Tábla kivágása raszter vágása parancssal (forrás: saját feldolgozás)	34
19. ábra A vizsgált terület osztályozása (forrás: saját feldolgozás)	35
20. ábra Rasztervágás maszk réteggel (forrás: saját feldolgozás)	36
21. ábra Frissített NDVI felvétel (forrás: saját feldolgozás)	36
22. ábra Vektorgrafikus felvétel (saját feldolgozás)	37
23. ábra 2023. június 01. osztályozott felvétel a területről NDVI értékekkel (forrás: saját feldolgozás)	38
24. ábra 2023. július 23. osztályozott felvétel a területről NDVI értékekkel (forrás: saját feldolgozás)	40
25. ábra 2023. augusztus 27. osztályozott felvétel a területről NDVI értékekkel (forrás: saját feldolgozás)	41
26. ábra 2023.06.13. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	42
27. ábra 2023.07.11. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	43
28. ábra 2023.08.15. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	44
29. ábra 2023.08.22. EOS Növény Monitoring műholdfelvétel (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	45
30. ábra Hozamtérkép a vizsgált szója területről (forrás: Dr. Szabó Agrokémia Kft)	46
31. ábra A hozamtérkép és a 2023.07.11.műholdfelvétel	48

10. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat A precíziós mezőgazdaság előnyei, kihívásai, korlátai (Forrás: Vértesy, 2023)	6
2. Táblázat talajvizsgálati eredmény (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	17
3. Táblázat talajvizsgálati eredmény (forrás: Dr Szabó Agrokémia Kft)	17
4. táblázat csapadék és hőmérséklet alakulása 2023-ban Sárkeresztúron (forrás: saját)	20