

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

**Hibridkukorica vetőmag betakarítási adatok és a táblán belüli
heterogenitás összefüggéseinek vizsgálata távérzékelési
módszerekkel a Corteva Agriscience vállalatnál**

**OE-AMK
2023**

Hallgató neve: Horváth Zsolt
Hallgató törzskönyvi száma: T000471/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Horváth Zsolt

Szkdolgozat száma: SZD20040311133369

Törzskönyvi száma: T000471/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Hibridkukorica vetőmag betakarítási adatok és a táblán belüli heterogenitás összefüggéseinek vizsgálata távérzékelési módszerekkel a Corteva Agriscience vállalatnál.

A dolgozat címe angolul: Investigation of relationships between harvesting data of hybrid corn seed and field heterogeneity by remote sensing methods at Corteva Agriscience.

A feladat részletezése: 1. Szakirodalom alapján foglalja össze a térinformatika és a modern adatnyerési technológiák szerepét a precíziós gazdálkodásban!

2. Hibridkukorica vetőmag termesztési technológiáinak bemutatása.

3. A kiválasztott mintaterületen több évre vonatkozóan végezze el a táblán belüli növényfejlődés eltéréseinek vizsgálatát Sentinel felvételek osztályozásával!

4. A kapott eredményeket értékelje és elemezze további kiegészítő adatok bevonásával (hozamtérképek, Crop health adatok)!

5. Tapasztalatai alapján tegyen javaslatot a vizsgált módszerek alkalmazási lehetőségeire!

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szkdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 11. 08. P.H

Intézetigazgató

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

belső konzulens

külső konzulens





ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai 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: Mohács, 2023.12.10.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS, TÉMAFELVETÉS	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	2
2.1. A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG SZEREPE, JELENTŐSÉGE.....	2
2.2. A TÉRINFORMATIKA ÉS A MODERN ADATNYERÉSI TECHNOLÓGIÁK SZEREPE A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSBAN	5
2.2.1. Az adatnyerés módszerei és jellemzői.....	5
2.2.2. A távérzékelés eszközei, a Sentinel-2 műholdak.....	7
2.2.3. A reflektancia és jelentősége a távérzékelésben	8
2.2.4. A térinformatika szerepe a precíziós gazdálkodásban	10
2.3. A VETŐMAGTERMESZTÉS TECHNOLÓGIAI ELEMEI.....	12
2.3.1. A tábla kiválasztása.....	12
2.3.2. Talajjelőkészítés.....	12
2.3.3. Tápanyagpótlás	13
2.3.4. Vetés	13
2.3.5. Növényvédelem	14
2.3.6. A hibridkukorica vetőmagtermesztés jellemző ápolási munkái	18
2.3.7. Öntözés	19
2.3.8. Betakarítás	20
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	21
3.1 A CORTEVA AGRISCIENCE BEMUTATÁSA.....	21
3.2 A MINTATERÜLET KIVÁLASZTÁSA, JELLEMZÉSE	22
3.2.1. A Dráva-Agro Zrt.	22
3.2.2. A mintaterület földrajzi és talajtani jellemzése	23
3.3. A VIZSGÁLAT SORÁN FELHASZNÁLT ADATOK FORRÁSA	25
3.4. AZ ELEMZÉS ÉS A VIZSGÁLAT MÓDSZERE.....	26
4. EREDMÉNYEK.....	37
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	56
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	57
7. SUMMARY	58
8. IRODALOMJEGYZÉK.....	60

1. BEVEZETÉS, TÉMAFELVETÉS

Az ENSZ legfrissebb becslése szerint bolygónk népessége már a 8 milliárd főt is meghaladja és a jövőben továbbra is folytatódik a népesség gyarapodása, azonban lassuló ütemben. [23]. Egyes becslések szerint legalább 1 milliárd ember nem jut elégséges táplálékhoz, ezért jelentős innovációra van szükség a mezőgazdaság területén, aminek egyik eszköze a precíziós alkalmazásokat magas szinten alkalmazni tudó helyspecifikus gazdálkodási módszer lehet. [21].

A precíziós gazdálkodás olyan mezőgazdasági módszer, amely során a gazdálkodók számos modern technológiát és a különböző forrásból származó gyűjtött adatok elemzését végzik termelési folyamatok optimalizálására. Ezek a technológiák jellemzően a műholdas helymeghatározás (GNSS), szenzorok, drónok, robotok és speciális szoftverek alkalmazását jelentik. Ezekkel pontosabb információkat gyűjthetnek a termőföldről és a növényekről. Az adatok alapján a döntéshozók képesek pontosabban irányítani a talajművelést, vetést, az öntözést, a gépek mozgatását, a tápanyagok és növényvédő szerek alkalmazását úgy, hogy a káros környezeti hatásokat minimalizálva optimalizálják termelést.

A precíziós gazdálkodás eszköze lehet a költséghatékony és jövedelmező termékelőállításnak és a fenntartható fejlődésnek.

A Corteva Agriscience vállalat az elmúlt időszakban nagy hangsúlyt fektetett a digitalizációra. A digitális eszközök felhasználása a vetőmag előállításért felelős agronómusok, illetve a vetőmag előállítást végző partnerek tevékenységét nagymértékben segíti.

A Corteva által fejlesztett „Corteva Blueprint” nevű alkalmazás magában foglalja az előzetesen GPS eszközzel lemerített előállító tábla területére vonatkozó úgynevezett „Crop Health Index (CHI)” által mutatott növényállapotot, tartalmazza a SciO spektrofotométeres szemnedvességmérést, mesterséges intelligenciára épülő fényképes termésbecslést, illetve UAV által végzett tőszámolást.

A termelést segítő agronómusok ezekkel az eszközökkel és a tenyésztidőszak során a CHI nyomkövetésével támogatást nyújthatnak a vetőmag előállító partnerek számára az esetleges beavatkozások, öntözés, fejtrágyázás és talajművelés terén, az eredményes és minőségi vetőmag előállítása érdekében.

Munkám során a felsőszentmártoni Dráva-Agro Zrt. vetőmag előállító partner területén található 66 hektáros hibridkukorica táblán végeztem a táblán belüli heterogenitás vizsgálatát. A tenyésztidőszak során három időpontban és három évre visszamenőleg Sentinel-2 műholdképek elemzésével, majd a Corteva által előállított Crop Health Indexek és a 2020. évre vonatkozó hozamtérkép közötti összefüggéseket vizsgáltam.

Arra voltam kíváncsi, hogy az agronómusok által használt mobilapplikációs eszközök (CHI), a Sentinel-2 műholdképek és a betakarított tábla terméshozama között van-e összefüggés, vajon a tenyésztidőszak során a vizsgált időpontokban feldolgozott adatok, számolt indexek alapján lehet-e következtetni a betakarított hibridkukorica hozamra.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG SZEREPE, JELENTŐSÉGE

A mezőgazdasági termékek előállítása során elsődleges szempont a rendelkezésre álló inputanyagok (termőföld, vetőmag, műtrágya, növényvédőszer) minél gazdaságosabb felhasználása. A Földön tapasztalható növekvő népesség és a mezőgazdaságilag művelhető területek relatív csökkenése ösztönzőleg hat a precíziós gazdálkodás terjedésére, amellyel hatékonyabb lehet a mezőgazdasági termelés. A precíziós gazdálkodás során optimális hozamot kisebb költséggel szeretnénk elérni.

„A precíziós mezőgazdaság meghatározó elemei: a nagy pontosságú folyamatos helymeghatározás, az elemzés térinformatikai és távérzékelési eszköztára és a magas szinten automatizált terepi munkavégzés.” [15].

A helyspecifikus növénytermesztés gyakorlati alkalmazása az alábbi fázisokra épül:

- Adatgyűjtés: Adatok lokális vagy távérzékeléssel (műhold) gyűjtése, rögzítése.
- Az adatok elemzése: GIS, térinformatikai szoftverek alkalmazásával történő elemzés.
- Döntéselőkészítés, döntési folyamat: A rendelkezésre álló adatokból információ készítése kiegészítve a szakmai ismeretekkel és tapasztalattal.
- Gyakorlati megvalósítás, implementáció: munkagépek vezérlése, talaj tápanyag visszapótlása, vetés, öntözés, növényápolási munkák elvégzése, betakarítás (hozammérés).

Míg a „hagyományos” gazdálkodás esetében egy termelési egység a tábla, addig a precíziós gazdálkodás során a táblán belüli heterogenitás alapján felosztott homogén egységek, menedzsment zónák a termelési egységek. [15]. A menedzsment zónák kialakításakor az adott tábla több évre vonatkozó jellemző tulajdonságait (hozamtérkép, műholdfelvételek alapján előállított talajheterogenitási térkép, talaj tápanyagvizsgálata stb.) használjuk fel.

A helyspecifikus gazdálkodás során az adott termőhelyen képezett zónák terméspotenciáljához igazodva végezzük a talajművelést, tápanyagkijuttatást, vetést, növényvédelmi kezeléseket, öntözést.

A precíziós gazdálkodás három alapvető tevékenységet fog át, amelyek egymásra épülnek és egymást kiegészítik. Először is, a termesztéshez kapcsolódó adatok és jelenségek pontos hely- és időmeghatározását végezzük el, elemenként eltérő mértékben. Ezután a gyűjtött adatokat térinformatikai eszközökkel feldolgozzuk és elemzés alá vetjük, majd a meghatározott műveleteknek az elérhető legmagasabb szinten automatizált terepi végrehajtása következik. [21].

Az adatok szakszerű elemzése révén a gazdálkodók hatékonyabban tudják irányítani a termelési folyamatokat, csökkentve a veszteségeket és optimalizálva a termés hozamot.

A pontosabb adatok alapján a gazdák kevesebb mennyiségű inputanyag: víz, műtrágya és növényvédőszer felhasználásával tudják elérni ugyanazt vagy akár a jobb termés hozamot. Az erőforrások takarékosága mellett a precíziós gazdálkodás segít csökkenteni a környezeti terhelést, minimalizálva a vegyszerek és egyéb agrárkémiai anyagok túlzott felhasználását. Az adatok alapján a gazdák pontosabb döntéseket hozhatnak, például a vetési időpontok, tápanyagok adagolása és betegségmegelőzés terén.

Kezdetben a növény-nemesítés, majd a műtrágyázás, növényvédelem és a munkagépek újításai épültek be a gyakorlatba. A precíziós növénytermesztés jelenlegi szintjének elérését két tényező segítette, a hozamtérképezés lehetősége, valamint az egyre részletesebb talajvizsgálati információk felhasználása. [21]

A mai értelemben vett precíziós, vagy helyspecifikus mezőgazdaság elterjedését a műholdas helymeghatározó rendszerek (GNSS – Global Navigational Satellite System) polgári célú felhasználása tette lehetővé. Magyarországon az 1990-es évek elején kezdtek elterjedni a műholdas helymeghatározáson alapuló technológiák. Kezdetben katonai, geodéziai célú felhasználása volt jellemző.

A műholdas helymeghatározó rendszerek (GPS) pontosságát kezdetben szándékosan rontották, ezt 2000-ben szüntette meg az USA kormánya. Ezek után a korábbi 100 méterről a polgári felhasználásban is elérhető lett a 10-15 méteres pontosság. [1]. Jelenleg a mezőgazdasági felhasználásban már szinte általános és elvárható a 2-2,5 cm-es pontosság, amit az RTK (Real Time Kinematic) jelkorrekciós rendszerek kiépítése tett lehetővé.

A precíziós gazdálkodás nem csupán a költséghatékony és jövedelmező termelés lehetőségét kínálja, hanem alapvető eszköze is a fenntartható fejlődésnek. Ezt a megközelítést a globális élelmiszerbiztonság kihívásaival és a termőföld korlátozott rendelkezésre állásával összefüggésben érdemes értelmezni.

2.2. A TÉRINFORMATIKA ÉS A MODERN ADATNYERÉSI TECHNOLOGIÁK SZEREPE A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSBAN

2.2.1. Az adatnyerés módszerei és jellemzői

A helyspecifikus beavatkozás első lényeges eleme, hogy a lehető legtöbb releváns információt szerezzük be az adott tábláról, mezőgazdasági területről.

Az adatnyerés lehet:

- **Közvetlen** amikor az adatokat lokális szenzorok automatizált alkalmazásával szerezzük be. Ezek lehetnek:
 - Hőmérséklet-, páratartalom-, és talajnedvesség-érzékelők meteorológiai adatok kiegészítésével automatizált öntözőrendszerek vezérelhetők. Ezek lehetővé teszik a pontos öntözési tervek készítését a környezeti feltételekhez igazítva, optimalizálható az öntözés időzítése és mennyisége, minimalizálva a vízfelhasználást és növelve a terméshozamot.
 - Betegség- és kártevő-monitoring területén a szenzorok segítségével figyelhetők az egyes növények egészségi állapota és a kártevők jelenléte. Kamerák, infravörös érzékelők és egyéb szenzorok segíthetnek a korai betegségjelzésben, előrejelzési modellek kialakításában lehetővé téve a gyorsabb és célzottabb beavatkozást.
 - Lokális időjárási állomásokkal és meteorológiai szenzorokkal figyelemmel kísérhetők az aktuális időjárási viszonyok, és az előrejelzések segítségével időben reagálni lehet például eső vagy fagyveszély esetén.
 - Talaj mintavételezések során az adott tábla talajának fizikai jellemzőire, tápanyagtartalmára vagyunk kíváncsiak. A talaj mintavételezés általában 5 hektáranként, rácsmintázat alapján, véletlenszerűen történik, de a helyspecifikus

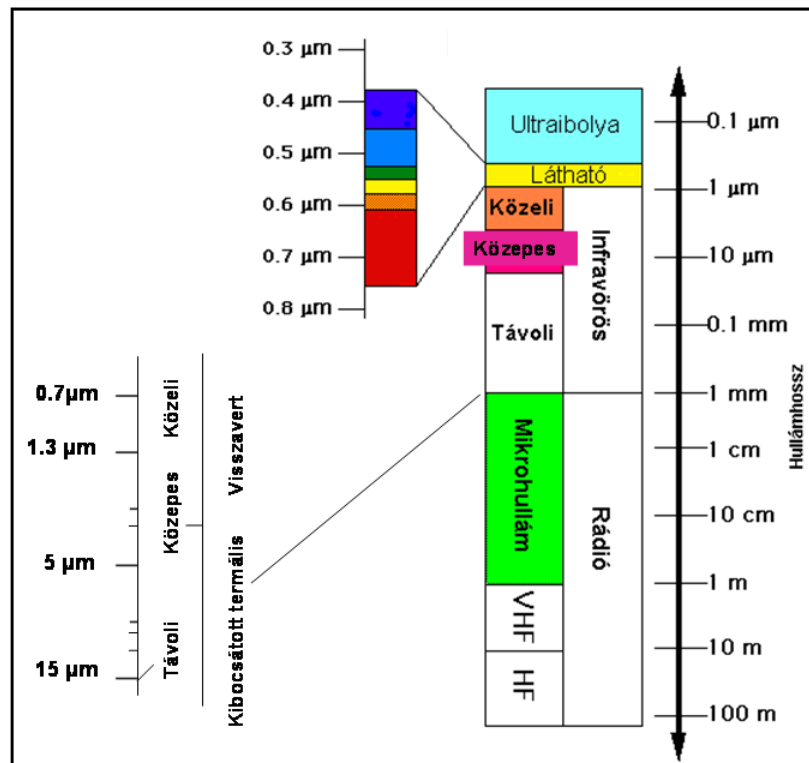
szemléletnek megfelelően célszerűbb az adott termőhely és növénykultúrához igazodóan akár 0,2-3 hektáranként venni a mintát. Lényeges, hogy a minta megfelelően reprezentálja az adott termőhelyet és rendelkezzen geológiai információval. [12]. A legpontosabb, ha talajszkenneléses módszer után kapott eredményből kiindulva vesszük fel a mintavételhez szükséges pontokat, illetve végezzük el a fizikai mintavételt melynek segítségével a helyspecifikus műtrágyázás hatékonyabban kivitelezhető.

- **Közvetett:** „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. „ [16].

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.” [16].

Az adatnyerés általában természetes vagy mesterséges forrásból származó elektromágneses energia közvetítésével történik. A természetes energiaforrás leginkább a Nap és a felszíni kisugárzás. Mesterséges lehet a radar vagy a lézer.

Az elektromágneses energiaforrás egyszerre hullám (hullámhossz) és részecske (energia) tulajdonsággal jellemezhető. Minél nagyobb a hullámhossz annál kisebb az energiája. A távérzékelésben ennek jelentősége van, mivel a rövidhullámú sugárzást könnyebb érzékelni.



1. ábra A távérzékelésben használt hullámhossz tartományok (forrás: [16].)

Távérzékelésre az elektromágneses spektrumból a látható fény sávjait, az infravörössávokat és a mikrohullámú sávot használjuk. Ez utóbbit a légköri zavaró tényezők befolyásolják a legkevésbé. [16].

2.2.2. A távérzékelés eszközei, a Sentinel-2 műholdak

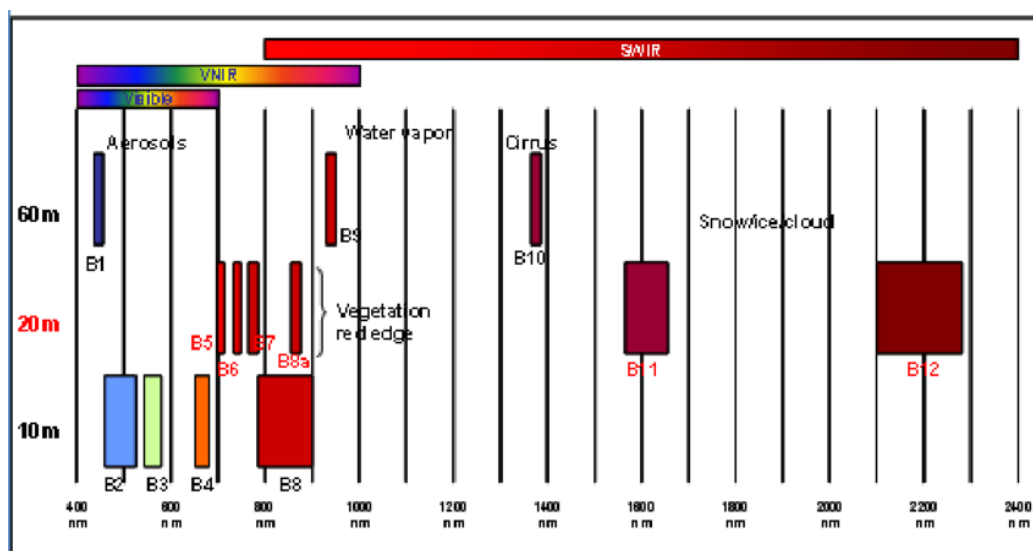
A Sentinel-2 műholdpárost az Európai Unió és az Európai Űrügynökség (ESA) által működtetett Copernicus program keretében két műhold a 2A és a 2B alkotja. A 2A 2015. június 23. óta, a 2B 2017. március 7. óta működik.

A két Sentinel-2 műhold egyidejűleg 786 km-es átlagmagasságban egymáshoz képest 180°-os fázisban, napszinkron pályán kering, így a Föld felszínéről ugyanabban a napszakban, az Egyenlítőnél 5 napos visszatéréssel készítenek felvételt egy 290 kilométer széles sávban.

A Föld egy előre meghatározott csempekészletre van felosztva, az UTM/WGS84 vetületben definiálva. A felosztás 100 km-es lépéssel történik, azonban minden csempe

felülete 110x110 km², hogy nagy átfedést biztosítsanak a szomszédos felülettel. A leképezett adatsáv ezekre az előre meghatározott 110 km x 110 km méretű lapokra van felosztva a megfelelő UTM/WGS84 vetítésben. A Level-1C és Level-2A termékek elérhetőek elengedően a felhasználók számára.

A holdakon működő passzív rendszerű multispektrális képrögzítő eszköz (MSI Multispectral Instrument) 13 sávban (2. ábra) készít felvételeket a látható (VISIBLE), a közeli infravörös (NIR) és a közeli infravörös (SWIR) sávban a 443 nm és 2190 nm hullámhossz közötti tartományban. [19].



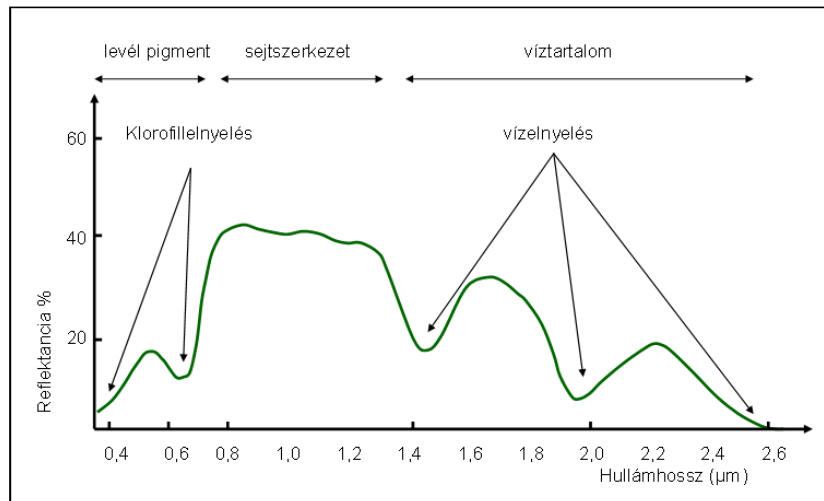
2. ábra A Sentinel 2 műholdak spektrumtérképe

(forrás: https://www.researchgate.net/figure/Sentinel-2-spectral-bands-Martimort-et-al-2007_fig1_267981491)

2.2.3. A reflektancia és jelentősége a távérzékelésben

A reflektancia egy felszín visszaverő képessége, a felszín által visszavert sugárzás és a felszínre eső sugárzás hányadosa. A reflektancia értéke hullámhosszfüggő, egy adott felszín a különböző hullámhosszúságú sugárzást különböző mértékben veri vissza.

A zöld növényzet esetében a látható tartomány kék és vörös hullámhosszainál kicsi a reflektancia, mert ezeken a hullámhosszokon érkező energiát elnyeli a növényi klorofill. A zöld színnek megfelelő hullámhosszúságú energia az egészséges növényről jórészt visszaverődik. A legtöbb klorofilltartalmú növényt ezért látjuk zöldnek. [16].



3. ábra Zöld növényzet reflektanciája és jellemzői különböző hullámhosszokon (forrás: [16].)

A nem látható hullámhosszak esetében az infravörös sugárzást veri vissza nagymértékben az egészséges növényzet. Beteg vagy stresszes (pl. vízhiány, hősokk) körülmények között a növény levelének sejtszerkezete megváltozik és az infravörös tartományú visszaverődés lecsökken, illetve a vörös hullámhossz visszaverődése nő.

Ennek a hullámhosszak, vagy spektrális tartományok egymáshoz való viszonyából következtethetünk a vegetáció állapotára. Ezt a jelenséget például vegetációs indexek számításánál hasznosíthatjuk. A talán legnépszerűbb vegetációs index a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) a vörös és a közeli infravörös sáv arányát képezi le. Az index értéke -1 és +1 között lehet. Minél közelebb van a +1-hez annál nagyobb a növényzet vitalitása, mert ekkor a NIR/RED sáv aránya nagyobb. Betegebb növényzet esetén a közeli infravörös (NIR) visszaverődése csökken így a növényzet látható spektrumú visszavert sávjainak értékei felerősödnek és ekkor a növényzet színe is megváltozik, halványabb lesz, sárgul.

A vegetációs indexek vizsgálata során a növényi stressz már a korai szakaszban észlelhető amikor még látható tünetek nincsenek így lehetőség van egy esetleges beavatkozásra. (öntözés, lombtrágyázás stb.)

A növényzet esetében a különböző fajok vegetációs felületéről is másképp verődik vissza a NIR sáv ezért a növényzet fajának elkülönítése is lehetővé válik, valamint a növények fenológiai fázisainak megfelelő zöldfelület (LAI) gyarapodása is eltérő reflektanciát mutat.

Nemcsak a növényzet, hanem a felszíni objektumok is másképp verik vissza a különböző hullámhosszú sugárzást, ezért egy adott hullámhosszú sugárzás objektumként eltérő reflektanciája lehetőséget ad a felszíni elemek távérzékeléssel való elkülönítésére. [16].

2.2.4. A térinformatika szerepe a precíziós gazdálkodásban

„A térinformatika térbeli objektumok és jelenségek kapcsolatrendszerének feltárásával és elemzésével foglalkozó tudomány és módszer. A térinformatika magába foglalja a térbeli adatok gyűjtésének, adatok digitális előállításának, integrálásának és elemzésének folyamatát, illetve az elemzések megjelenítését” [15].

A térinformatika az informatika egy speciális ága, a térinformatikai rendszer a térinformatika tudományának eszköze egy olyan számítógépes rendszer, melyet földrajzi helyhez köthető adatok gyűjtésére, tárolására, feldolgozására, kezelésére, elemzésére, az információk megjelenítésére, a földrajzi jelenségek megfigyelésére, modellezésére, döntések támogatására dolgoztak ki. [7].

Elterjedt a GIS (Geographical Information System, Geographic Information Science, Geographic Informational Service) kifejezés használata melynek alapját a hardver-adat-szoftver-szakértelem kapcsolata adja. [12].

A térinformatikai rendszert a következő fő elemek és kapcsolatuk határozzák meg:

- hardver,
- rendszer és alkalmazási szoftverek,
- adatbázis,
- alkalmazott technológiák,
- kezelő személyzet és
- felhasználói környezet.

Ennek a hat elemnek a szerves és harmonikus kapcsolata szükséges a GIS hatékony működéséhez. [7].

A térinformatika alapján készült térképek segítenek azonosítani a területeken belüli változókat, például a talajtulajdonságokat vagy a vízellátottságot. Ezek lehetővé teszik a precíziós művelést és vetést, vagyis azt, hogy a gazdák pontosan azokon a területeken alkalmazzák a mezőgazdasági műveleteket, ahol azok szükségesek. A térinformatika segít optimalizálni az öntözési rendszereket, mivel pontos információkat nyújt a talajnedvességről és más környezeti tényezőkről. Az összegyűjtött adatok segítik a gazdákat a jobb döntéshozatalban. Analitikai eszközök segítségével értékelhetik a múltbeli termelési adatokat, és ezáltal optimalizálhatják a jövőbeli gazdálkodási stratégiáikat.

A különböző forrásból származó adatok (műholdfelvétel alapján számított indexek, talajvizsgálatból eredő tápanyag ellátottság, betakarítás után készített hozamtérkép adatai) feldolgozásához térinformatikai szoftverek használata szükséges. [12].

A helymeghatározó rendszerek (GNSS) a modern mezőgazdaságban jelentős előnyöket nyújtanak a felhasználóknak. A helyspecifikus mezőgazdaság azt is jelenti, hogy a különböző szenzorokkal gyűjtött adatok helyét is pontosan rögzíteni tudjuk, majd ide visszatérve a szükséges beavatkozások is itt történnek meg. [2].

2.3. A VETŐMAGTERMESZTÉS TECHNOLÓGIAI ELEMEI

2.3.1. A tábla kiválasztása

A termőhely kiválasztásánál alapvetően figyelembe kell venni, hogy a beltényesztett vonalak sokkal érzékenyebbek a környezeti hatásokra, mint a takarmánynak termesztett kukorica. [13].

A legmegfelelőbb talajok a tápanyaggal jól ellátott, jó vízgazdálkodású, könnyen felmelegedő, közel semleges kémhatású, főleg csernozjom talajok. A tömődött, kötött, rossz vízgazdálkodású és a laza, homoktalajok szintén nem alkalmasak vetőmag előállításra. Magyarország éghajlati viszonyai szinte az egész ország területén lehetővé teszik a hibridkukorica vetőmagtermesztést.

A termesztéstechnológiából adódóan ezeket a táblákat izolálni kell. A vetőmag előállító cégek esetenként szigorúbb követelményeket támasztanak elő mint amit a hazai jogszabály előír. A Corteva árukukoricától 200 m, míg csemegekukoricától 400 méteres izolációt ír elő.

Az elővetemény szempontjából kedvező a kalászosok, borsó, repce, kedvezőtlen a napraforgó és a cukorrépa. A kukorica elővetemény, különösen a több évig tartó monokultúra alatt nem kedvező. Ekkor jellemzően felszaporodhatnak azok a károsító szervezetek (gyomok, kukoricabogár, stb) amelyek elleni védekezés egyre növekvő terhet ró a termelő felé.

A kukorica bizonyos ideig elviseli az önmaga utáni vetést, de a 3 – 4. év után már jelentkehetnek a monokultúra káros hatásai. Terméscsökkenés jelentkezik, a kijuttatott herbicidek hatékonyság romlik, megjelenhetnek a herbicid rezisztens gyomok, gyom-rasszok. A ráfordításokat növelni kell, növekszik a fajlagos költség. [8].

2.3.2. Talajelőkészítés

A vetőmag előállításra szánt tábla talajelőkészítése során fontos, hogy a talajnedvességet megőrizzük. A tavaszi magágyelőkészítés során törekedni kell, hogy az árukukoricának szánt talajállapotnál gondosabban elmunkált vetőágyat hozzunk létre. Fontos a kellően ülepedett, aprómorzású, megfelelően nedves magágy.

2.3.3. Tápanyagpótlás

Azt mondjuk, annyi tápanyagot szükséges kijuttatni a vetőmag kukorica termőterületére, amennyi 8-10 t/ha takarmánykukorica előállításához szükséges, mivel a szülőpartnerek többségének tápanyagfelvevő képessége gyengébb, mint az árutermelő hibrideké. A P és K hatóanyagokkal elsődlegesen a talajt, a nitrogénnel a növényt tápláljuk, ezért a kijuttatott dózis meghatározásánál hangsúlyozottan a talaj tápanyagkészletét kell figyelembe venni, nitrogénnél a növény N igényét. A hatóanyag javasolt dózisa: N: 160 – 200 kg/ha, P: 120 – 160 kg/ha, K: 180 – 200 kg/ha. A P, K hatóanyagú műtrágyákat ősszel, míg a N tartalmúakat tavasszal javasolt kijuttatni. A N kijuttatása történhet megosztva, a kultivátoros növényápolással egy menetben is [14].

2.3.4. Vetés

A vetés a hibrid kukorica vetőmagtermesztésének legkritikusabb művelete. Fontos az optimális vetésidő, vetésmélység, állománysűrűség, az anya- és apasorok aránya. A vetés optimális ideje akkor van, ha a talaj hőmérséklete tartósan eléri a 10-12 °C fokot. A vetést direktvető géppel végezzük. A szülői komponensek összevirágzása érdekében a vonalaktól függően gyakran különböző időben vetjük az anya és az apa vonalak magjait. Az úgynevezett frakcionált vetés során érjük el azt, hogy az apavonalak hímvirágzata az anyavonalak nővirágzatával közel azonos időben virágzik. [9].

A vetés az anya:apa vonalak arányától függően a Cortevánál lehet „nullapás”, amikor két-két anyasor közé vetjük az apasort, gyakoribb a 4:2 szűkített technológia, amikor 4 anya közé 150 cm távolságon belül egy-egy apasort vetünk egymástól 50 cm-re. A technológiát, a frakcionált vetés módját a szülői vonalak egymáshoz való viszonya, a helyi termőhelyi adottságok, öntözhetőség határozza meg.

A vetéssel egy menetben talajfertőtlenítő szert, műtrágyát is adagolhatunk. Ha csak egyik szülői komponens kap starter műtrágyát, számolni kell azzal, hogy az eltérő fejlődés miatt az összevirágzás esetlegesen nem lesz kedvező, még a pontos vetés ellenére sem.

2.3.5. Növényvédelem

2.3.5.1. A kukorica károsítói, kórokozói

A kukoricának sok kártevője van melyek többsége polifág. Legjelentősebbek:

- keléskor előfordulhat madárkártétel: fácánok, varjak;
- talajlakó kártevők: cserebogarak, pattanóbogarak lárvái;
- bagolylepkék hernyói, kukoricabarkó, fritlégy a fiatal kukorica károsítói;
- kukoricamoly, vetésfehérítő bogarak, levéltetvek károsítása vírusfertőzést is könnyebbé teszi;
- gyapottok bagolylepke kártétele különösen jelentős lehet vetőmag kukorica előállításban;
- Kukoricabogár esetében mind a lárva, mind az imágó károsít, a biberágás miatt vetőmag előállításban a különösen nagy kárt okozhatnak.

A kukorica jelentősebb betegségei:

- vírusfertőzések (csíkos mozaik vírus) ;
- golyvásüszög fertőzöttség sebzés útján, pl. címerezéskor léphet fel;
- a kukorica fuzáriózisa csökkentheti a vetőmag csírázókéességét;
- nigrospóras szárazkorhadás szintén kihatással lehet a vetőmag minőségére;
- a baktériumos hervadás karantén betegség.

A különböző károsító szervezetek ellen agrotechnikai eszközökkel (talajművelés, vetésváltás), vetőmagcsávázással, talajfertőtlenítéssel és vegyszeres permetezéssel védekezhetünk. [14].

2.3.5.2. A kukorica gyomnövényei

A kukorica gyomnövényzetének strukturális megváltozását az I-V. Országos gyomfelvételezések adatai szemléltetik. [10].

Az első 10 legjelentősebb gyomfajt tartalmazó 1. táblázatból kiolvasható az, hogy a kakaslábű (Echinochloa crus-galli) a legnagyobb kárral fenyegető gyomnövény a tavaszi felvételezések idején. Az alábbi fajok jelentősége megnőtt a korábbi időszakokhoz képest: Ambrosia artemisiifolia, Amaranthus retroflexus, Datura

stramonium és az *Amaranthus chlorostachys*. Más fajok jelentősége csökkent (mint pl. *Convolvulus arvensis*). A domináns fajok között állandóan magas szintet képvisel a *Chenopodium album* és a *Cirsium arvense*.

Gyomfajok neve	1950	1969-71	1988	1997	2008
Közönséges kakaslábű (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	2	1	1	1	1
Parlagfű (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	15	10	4	3	2
Fehér libatop (<i>Chenopodium album</i>)	4	2	3	4	3
Szőrös disznóparéj (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	11	3	2	2	4
Fakó muhar (<i>Setaria glauca</i>)	7	6	7	16	5
Mezei aszat (<i>Cirsium arvense</i>)	5	7	9	5	6
Termesztett köles (<i>Panicum miliaceum</i>)	23	230	17	12	7
Csattanó maszlag (<i>Datura stramonium</i>)	74	27	13	7	8
Karcsú disznóparéj (<i>Amaranthus chlorostachys</i>)	108	24	10	8	9
Apró szulák (<i>Convolvulus arvensis</i>)	1	4	5	6	10

1. táblázat: A kukoricában előforduló 10 legfontosabb gyomfaj a tavaszi felvételezés szerint (forrás: [10].)

Az utóbbi években a napraforgó termőterületének rohamos növekedésével a napraforgó árvakelés mint gyomosító kultúrnövény jelentősége megnövekedett. Az elpergett kaszatok 4-5 évig is megőrzik csírázókéességüket a talajban, és a különböző talajmunkák során olyan helyzetbe kerülnek, ami elősegíti csírázásukat. Napraforgó árvakelés elleni védekezés azért is fontos a kukoricában, mert az el nem pusztított napraforgó egyedek együtt tenyésznek a kukoricával, jelentős magtermést érlelnek, mely visszahullva a talajra hosszú évekig konzerválja a napraforgó árvakelésből adódó gyomproblémát. [10].

2.3.5.3. A vetőmag kukorica gyomirtás sajátosságai

Fiatal korban a kukorica rendkívül érzékenyen reagál az elgyomosódásra. A gyomok által a kezdeti fejlődésben kiváltott néhány napos stressz, amit elsősorban a víz- és tápanyagelvonás vált ki, termésvesztést idéz elő még akkor is, ha fejlődésének

későbbi szakaszán a kukorica gyommentes. A gyomnövények a termést 40-50%-kal is csökkenthetik, ha nem védekezünk ellenük. Kémiai és mechanikai eszközök alkalmazásával a veszteségek akár 2-5%-ra csökkenthetők. A tőszám bizonyos mértékű sűrítése, amely a kukorica természetes gyomelnyomó képességét erősíti, szintén fontos tényező a gyomok elleni védekezésben a későbbi fenofázisban. [6].

Vetőmag előállításban a kukorica gyomirtása sokkal bonyolultabb. A gyakran alacsony növésű, beltenyésztett vonalak gyomelnyomó képessége igen kicsi. A kukorica vetőmag előállításra szánt tábláin a növények kis habitusa és az apasorok elvirágzás utáni kivágása miatt jelentős nyári, vagy nyárutói gyomosodás következhet be még akkor is, ha a tavaszi gyomirtás eredményét korábban sikeresnek ítélték meg.

A kukorica gyomirtásában az agrotechnikai, mechanikai és a vegyszeres gyomirtás célszerű ötvözte jelenti az integrált gyomirtást. Az agrotechnikai és a mechanikai gyomszabályzásnak különösen fontos szerep jut a vetőmag előállítás során, mivel a beltenyésztett szülői vonalak herbicid érzékenysége miatt korlátozott bizonyos hatóanyagok használata. [5].

A hatékony gyomirtás érdekében az agrotechnikai elemek mellett szinte mindig szükség van vegyszeres gyomirtásra is.

A herbicideket a kultúrnövény vetési, ill. kelési időpontjához viszonyítva általában háromféle módon alkalmazzuk:

- **presowing** – vetés előtt, általában az utolsó talaj előkészítési művelettel adják ki. Gépi bedolgozása szükséges, majd 4-5 nap múlva kezdhető a vetés. Száraz tavaszokon jelentkezik az előnye, illetve ezzel megnyújtható a kukorica gyomirtási munkafolyamatának az ideje. Napjainkban használata kezd visszaszorulni.
- **preemergens** – vetés után, a kultúrnövény kelése előtti kijuttatás esetén jó esetben a csapadék a talaj felső 1-2 cm-es rétegébe mossa a hatóanyagot, úgy hogy a gyommagvak csírázását gátolja, de a kultúrnövényt nem károsítja. Sok csapadék esetén a herbicid mélyebbre mosódhat, ekkor fennáll a veszélye a kultúrnövény károsodásának. Hátránya, hogy a csapadékszegény időszakban a herbicid hatása csökken. A magról kelő egy- és kétszikű gyomok ellen alkalmazható, évelők ellen

nem. Alkalmazásakor figyelembe kell venni a talaj szervesanyag tartalmát is, magasabb tartalomnál a magasabb, kisebb tartalomnál a kisebb dózist célszerű kiadni. Vetőmag előállításban az esetleges frakcionált vetés alkalmazása miatt részben korlátozott lehet.

- **posztemergens** – vetés után a kultúrnövény kelése után történő kijuttatás, kukoricánál szögállapottól 7- 8 leveles állapotig alkalmazzuk. Előnye, hogy célzott kezelést tesz lehetővé a gyomnövények ismeretében, a nehezen irtható egyéves kétszikű, illetve évelő gyomok irtásának eszköze, korrigálható a preemergens kezelés esetleges hibája. Az időjárási tényezők kevésbé befolyásolják a hatását. Ugyanakkor hátránya lehet, ha a kezelés megkésik csökken a hatékonysága. A kijuttatás ideje szerint lehet korai, normál és késői posztkezelés.
- **pre/poszt** – A vetés előtt 2-3 héttel végezzük a magágy előkészítést. A vetés idejéig a magról kelő gyomok többsége kicsírázik, ebbe a kigyomosodott földbe vetjük a kukoricát. Vetés után totális gyomirtóval kezeljük a táblát, így a kukoricára preemergens, a gyomnövény szempontjából posztemergens kezelésnek minősül. Ezzel a módszerrel a gyomnövények elpusztulása után a kukorica néhány hétig gyomkonkurencia nélkül tud fejlődni. Hazánkban nem túl elterjedt.

A kukoricavetőmag-termesztés gyomirtási technológiája csak abban az esetben lehet teljes, ha az megfelel a kukoricatermesztés általános és ezzel egy időben a vetőmagtermesztés specifikus követelményeinek. A gyomirtást mindig az adott táblára kell megtervezni a gyomfelvételezési eredmények, illetve a herbicidek hatását befolyásoló talajtulajdonságok ismeretében. Olyan herbicideket kell alkalmazni, amelyek a gyomokat hatékonyan pusztítják, ugyanakkor a vetőmag kukoricát kíméli. A jelenleg használt herbicidek károsító hatása különböző, függ a preemergens kezelés utáni időszak időjárásától és ezzel összefüggésben a talaj tápanyag- és humusztartalmától.

A kukorica vegyszeres gyomirtása terén időről időre újabb feladatokat kell megoldani. A gyomflóra változása *újabb hatóanyagok* alkalmazását, illetve a technológia módosítását teszi szükségessé.

A gyomirtó hatás megőrzése, illetve javítása mellett növelni kell a meglévő *hatóanyagok szelektivitását*. A biokémiai szelektivitás növelése elsődlegesen antidótumokkal, a helyzeti szelektivitás javítása technológiai módszerekkel oldható meg.

A vetőmagtermesztés gyomirtási technológiájának az általánosan túl az alábbi speciális szempontoknak is meg kell felelnie:

- a vonalak a herbicidekkel szemben érzékenyebbek, mint a belőlük előállított hibridek;
- szülőpartnerek vetése nagy gyakorisággal eltérő időpontban történik;
- a vonalak növényállományának gyomelnyomó képessége kisebb, mint az F₁ hibrideké, ezért az újragyomosodás megakadályozása külön feladatot jelent (pl. levél alá permetezés);
- sok hibrid vetőmagjának sikeres termesztése szükségessé teszi az öntözést, amely viszont az újragyomosodás veszélyét növeli;
- az apasorokat a beporzást követően el kell távolítani. A szabad területen csapadékos időjárás esetén újragyomosodás veszi kezdetét;
- a herbicidek károsító hatásaként a virágzást is késleltetik. A késleltetés napjainak száma szülőpartnerenként eltérő lehet, amelynek következtében a megtermékenyülés romolhat. [14].

Hibridkukorica a vetőmag előállítás során nehezebb a konkurens gyomok visszaszorítása, mint az F₁ hibridek esetében, mivel a beltenyésztett vonalak kisebb vitalitásúak, külső hatásra sokkal érzékenyebbek, kisebb méretűek és kompetitív képességük is kisebb. [13].

2.3.6. A hibridkukorica vetőmagtermesztés jellemző ápolási munkái

A hibridkukorica vetőmag előállítása speciális tevékenység, ami többek között abban különbözik az egyszerű vetőmagtermesztéstől, hogy itt a vetőmag előállító táblán irányított, tömeges keresztezést kell nagy gonddal végrehajtani. [19].

Vetőmag előállításakor a genetikai tisztaság megőrzése érdekében mindkét szülői komponens állományát *idegenelni* kell, azaz el kell távolítani az állománytól habitusában, természetében, színében eltérő egyedeket. Különös gondot kell fordítani az apasorokban lévő idegenekre, mert az idegen apa által megtermékenyített csöveket nem lehet utólagos szelekcióval kiválogatni, mint az anyaidegen esetében.

Az esetlegesen megjelenő *fattyhajtásokat* szintén el kell távolítani, mert amellett, hogy tápanyagot vonnak el az anyanövénytől, címet is hozhatnak. A fattyhajtások címei is potenciális pollentermelő címerek, ezért azokat még az anyanövény virágzása előtt el kell távolítani.

A vetőmag előállítás egyik alapeleme a *címerezés*. Ekkor az anyavonal állományának címvirágzatát még a virágzás előtt el kell távolítani, így biztosítva azt, hogy az anyavonal nővirágzatát az apavonal hímvirágzata (címvirágzat) fogja pollennel ellátni. A címerezés a technológia egyik kritikus eleme. A címerezést leggyakrabban kézzel végzik, de lehetőség van gépi úton, címerező gépekkel történő címerezésre is. Az anyasorokban 5% bibe megjelenésekor virágport hullató anyacímer egy-egy ellenőrzésen legfeljebb 0,5% lehet.

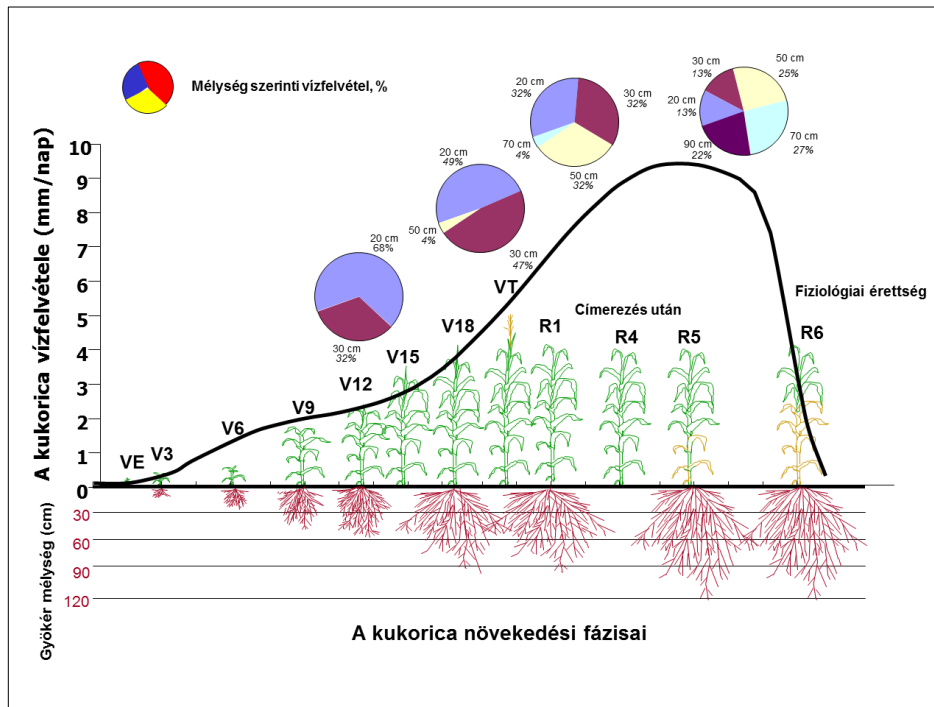
Az apasorok címvirágzatának elvirágzása után, az anyasorok nővirágzatának beszáradása után az apasorokat ki kell vágni. Ez történhet kézi úton, speciális „kitaposóval”, szárzúzó adapterrel, stb. Az apasorok kivágása után javulnak az anyasorok érésének körülményei, csökken a csövek fizikai keveredése. [14].

2.3.7. Öntözés

A kukorica vízigényes kultúra, a tenyészidőszakban 450 – 500 mm az igénye, amit ma már szinte csak öntözéssel lehet biztosítani.

A kukorica szempontjából kritikus szakasz a vetés utáni, illetve a virágzás előtti időszaktól az elvirágzásig. A virágzás idején jelentkező csapadékhiány jelentősen befolyásolhatja a kukorica fejlődési folyamatait. Romolhat az összevirágzás lehetősége, a hímvirágzat pollenszolgáltató képessége, romolhat a pollen vitalitása, a nővirágzat gyorsabban beszáradhat, csökkenhet a pollenfogadó képessége. Fontos szempont, hogy a vízpótlást ne csak fenti szempontok miatt tegyük meg, hanem a mikroklimatikus tényezők javítása miatt is célszerű többször kis adagokban öntözni. [14].

Fontos, hogy az öntözést a fiziológiai érettség, a feketeteréteg kialakulása eléréséig ne hagyjuk abba. A kukorica vízfelvételt az 4. ábra mutatja.



4. ábra A kukorica vízfelvele, gyökérfejlődése, és a vízfelvele talajmélység szerinti megoszlása (Forrás: Corteva)

2.3.8. Betakarítás

A betakarítást a vetőmag kukorica fiziológiai érése után, 30-35%- os nedvességtartalomnál lehet elkezdni. Magas víztartalomnál a későbbi szárítás során károsodhat a szem csírázóképesége, alacsonyabb nedvességnél megnő a veszélye a túlzott szempergésnek. A betakarítást a Corteva saját önjáró betakarítógépekkel végzi. A kukorica csövesen, fosztatlanul érkezik a szarvasi vetőmagüzembe, ahol a fosztás-válogatás után a szárítóba kerül, ahol kíméletesen 35-38°C fokos hőmérsékleten történik a csövek szárítása 12,5 %-os nedvességtartalomig.

A szárítás után a morzsolást követően a kukorica silótárolókba kerül, majd a feldolgozás során történik az osztályozás, csávázás és kiszerelés a piaci igények szerint.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A CORTEVA AGRISCIENCE BEMUTATÁSA

A Corteva Agriscience™ a Dow, a DuPont és a Pioneer vállalatok mezőgazdasági részlegeinek egyesüléséből jött létre, mint önálló vállalat 2019. június 1-én. A Corteva név jelentése: “Cor-” a “core” – ből, jelentése: „közeppon” vagy “szív”, a “-teva” jelentése “természet”. Az elnevezés, a „természet szíve” jól jellemzi a vállalat filozófiáját. Cél a termelők és fogyasztók életminőségének javítása fenntartva ezt a folyamatot az eljövendő generációk számára is.

A Corteva Agriscience™ a növénytermesztés minden fázisában biztosítja ügyfeleinek a szigorú minőségi és jogi követelményeknek megfelelő vetőmagokat és növényvédelmi eljárásokat, és azt az átláthatóságot, amelyet már nemcsak a hatóságok követelnek meg, hanem a fogyasztók is elvárnak.

A Corteva Agriscience magyarországi jelenlétének meghatározó elemei a szegedi és szolnoki kutatóállomások, valamint a szarvasi Pioneer vetőmagüzem, amelyek a magyar mezőgazdaság egészének nemzetközi súlyát is növelik.

2007-ben a Szegeden 4 millió dollár (USD) ráfordítással, 3300 négyzetméter alapterületen épült új növénynemesítő állomás. Itt modern nemesítési módszereket alkalmazva, a kontinentális éghajlat (hazai) sajátosságainak figyelembevételével folyik a kukorica és napraforgó hibridek nemesítése.

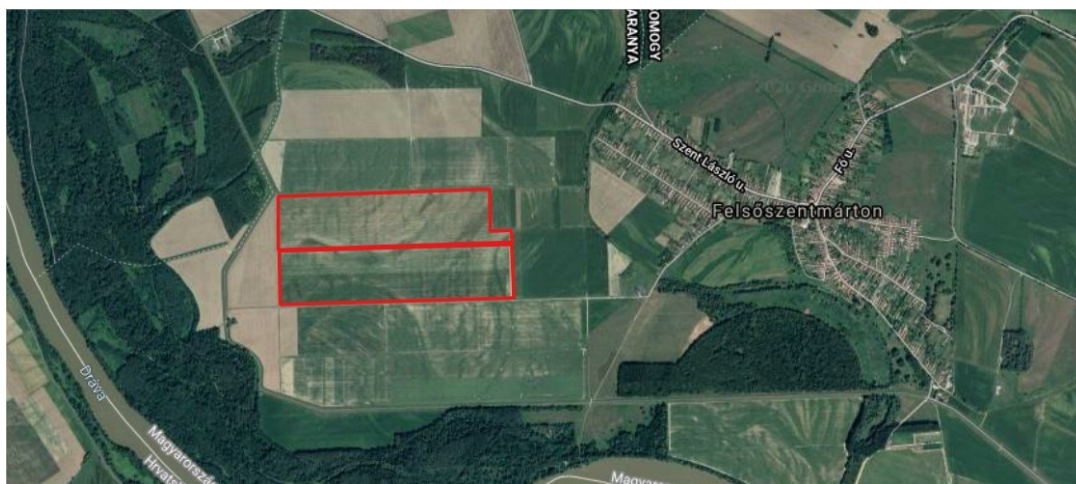
A szolnoki növényvédőszeres szabadföldi kutatóállomás 1987 óta működik. Központi helyet foglal el a gyomirtó szerek fejlesztése, de a fejlesztőmérnökök új hatásmechanizmusú, széles hatásspektrumú rovar- és gombaölő szerek vizsgálatán is dolgoznak.

A szarvasi Pioneer vetőmagüzem csúcsesztendőben 16 – 18 ezer hektáron állít elő hibridkukorica vetőmagot. Az üzem folyamatos fejlesztése és korszerűsítése az elmúlt húsz év során 52 millió dollár értékben valósult meg. Magyarország ökológiai adottságai,

vetőmagtermelési és feldolgozási tradíciója, tapasztalatai, valamint a logisztikai előnyök a hazai mezőgazdaság sikeres ágazatává tették a vetőmagelőállítást. [22].

3.2 A MINTATERÜLET KIVÁLASZTÁSA, JELLEMZÉSE

A mintaterület a Baranya vármegyei Felsőszentmárton határában, a Dráva határfolyó töltése mellett helyezkedik el. (5. ábra.)



5. ábra. A mintaterület elhelyezkedése (forrás: Saját mérés, Google Maps)

3.2.1 A Dráva-Agro Zrt.

A Dráva-Agro Zrt. a 1998-ban jött létre a korábbi Zrínyi Mg. Termelőszövetkezet jogutódjaként. Jelenleg 1800 ha szántó területtel és 800 ha erdővel rendelkezik. Az öntözhető területek mérete 450 ha, többnyire önjáró lineár berendezésekkel.

A vizsgált szántóföldi tábla területe 66 ha. 2018-ban takarmánykukorica termett 11,5 t/ha termésátlaggal, 2019-ben szója volt a kultúrnövény 4,5 t/ha átlagterméssel. Ezekhez hozamtérkép nem állt rendelkezésemre. 2020-ban hibridkukorica vetőmag előállítás történt, termésátlag 2,8 t/ha volt.

3.2.2 A mintaterület földrajzi és talajtani jellemzése

A Dráva-sík Magyarország déli határvidékének egyik kistája, területe 1143 km², ennek keleti része, az Ormánság. Északi határa éles, teraszszerű, déli határa maga a Dráva folyó.

A Dráva árterülete a Baranya vármegyei szakaszon erősen kiszélesedik, ezért a felszín több mint fele ártéri síkság melyet futóhomokkal fedett, enyhén hullámos síksági részek tagolnak.

A kistáj éghajlatát alapvetően három hatás határozza meg, így időjárásában kontinentális, óceáni és mediterrán elemeket is megfigyelhetünk. A fő elemek közül a kontinentális hatás érvényesül a legkevésbé. Ezek a hatások a bonyolult vízrajznak köszönhetően változatos mikroklimákat alakítottak ki.

A tájegység legnagyobb részén folyóvízi üledékeken kialakult talajokat találunk; a Dráva folyókanyarulatainak sorozatos kialakulása és lefűződése következtében az egyes típusok többnyire szórtan, mozaikos foltokban helyezkednek el.

A mintaterületként vizsgált tábla műholdfelvételein is jól látszanak a korábbi folyókanyarulatok, ahol agyag és homoktalajokra jellemző talajszerkezet mutatkozik meg. A Dráva menti talajok jellemzője a számos helyen megtalálható változó kiterjedésű és alakzatú homokpadok jelenléte. Ezekre rendkívül rossz vízgazdálkodás és szerkezet jellemző.

A talajok fejlődésére jelentős hatást gyakorol a talajvíz szélsőséges, a folyóhoz igazodó ingadozása. A Dráva közelében a humuszosodás, kifejlődését a rendszeres hordalékborítás akadályozza, ezért itt magasabb humusztartalmú területek csak a mélyvonulatokban találhatók.

A talajképző üledék a Dráva árterén döntően iszapos vályog, homokos vályog és homok. A mélyebben fekvő részekeken agyagos vályog és iszapos-agyagos vályog is előfordul. Jellemző, hogy a mélyebben fekvő részekeken az iszapos fedő vastagabb. A folyótól távolodva egyes részekeken az agyagos, máshol a homokos jelleg erősödik.

A terület talaja genetikai és talajföldrajzi szempontból nyers és humuszos öntéstalajok közé sorolható, jellemzően a humusztartalom 2% alatt marad, a humuszos réteg vékony, a talaj általában már a felszíntől karbonátos.

A nyers öntéstalajok döntő része mára az ármentesítés és a földművelés hatására öntés réti talajjá alakult.

A talajok vízgazdálkodása az aránylag sok és kedvező eloszlású csapadék miatt is viszonylag jó, kivéve a kis területen előforduló homoktalajokat. A talajok szervesanyagkészlete többnyire közepes. [17].

A tábla a folyók mellett kialakuló árterekre jellemző *öntéstalajok* és a már humuszosodásnak indult *régi talajok* jellemzőit mutatja. A réti talajokra jellemző humuszképződés, valamint az öntésterületek hordalékanyagának rétegzettsége és kialakulatlansága egymás mellett jelenik meg.

A talajszelvények humuszos szintje jól kivehető, általában 30-40 cm vastag és 2-3% szerves anyagot tartalmaz, jellemzően elmarad a többi réti talajtípusétól. A réti talajok keletkezésében az időszakos túlnedvesedés játszott nagy szerepet, ami az időszakos felületi vízborításnak, vagy a közeli talajvíznek a következménye. A vízhatásra beálló levegőtlenység jellegzetes szervesanyag képződést és az ásványi részek redukcióját váltja ki. A réti talajok tulajdonságait a kötött humuszanyagokkal, a nehéz művelhetőséggel, a foszfor erős megkötődésével, valamint a nitrogén tavaszi nehéz feltáródásával jellemezhetjük. Gyakran mutatkozik a kilúgzás és a sófelhalmozódás is.

Az állandó vagy az időszakos vízborítás már nem jellemzi a területet így lehetőség van a folyamatos talajképződésre. A megtelepedő állandó növénytakaró alatt elsősorban a humuszosodás indul meg, mégpedig olyan feltételek mellett, amelyek a réti talajok képződését határozzák meg.

A réti talajok vízgazdálkodása általában kedvező, azonban különösen magas talajvíz és nem megfelelő talajművelés esetén a nagy mennyiségű csapadék nem mindig tud elszivárogni, a talaj felszíne nehezen szárad ki, levegőtlen lesz. Az ilyen talajok nehezebben is melegszenek fel. [11].

3.3 A VIZSGÁLAT SORÁN FELHASZNÁLT ADATOK FORRÁSA

A feldolgozás alapjául szolgáló űrfelvételeket a United States Geological Survey (USGS), az USA kormányának földtani intézete által működtetett <https://earthexplorer.usgs.gov/> weboldalról letöltött Sentinel-2 műhold képei adták. A letöltött felvétel csomag tartalmazza mind a 13 sáv képeit. Ezekből én a B2 (490 nm kék), B3 (560 nm zöld), B4 (665 nm vörös) látható, illetve a B8 közeli infravörös (842 nm NIR) sávokat használtam fel melyek mind 10x10 méter pixelméret felbontásúak. A feldolgozás során a QGIS 3.28 (Firenze) verziójával dolgoztam.

A mintaterület leméréséhez Trimble JUNO GPS készüléket, illetve az azon alkalmazott Digiterra Explorer 6.0 szoftvert használtam. A mérés során elkészült .SHP fájl adta a vizsgálat során felhasznált táblahatár vektoros állományát.

A CHI (Crop Health Index) a Corteva saját fejlesztésű, Corteva Blueprint nevű webes és mobilapplikációjából volt elérhető. Az adatok forrása és az index számításának pontos módszere nem ismert. Ezek a képek a felhasználónak vizuális információt nyújtanak elsősorban, az egyes pixelek értékei nem hozzáférhetők. Számításaim szerint a WDRVI index 0,2 értékű súlyozási együtthatóval vizuálisan összehasonlítható a CHI index raszteres képeivel. A CHI indexképeket a kívánt vegetációs fázisnak megfelelő időpontok szerint töltöttem le.

A hozamtérképet alkotó adatok a hibridkukorica 2020 szeptember 23-i betakarítása során keletkeztek. A betakarítás során a hozammérővel (Yield Monitor) felszerelt csőtörő gépek kalibráció után rögzítik az adott pillanatban betakarított termésmennyiséget, így a későbbiekben ismerté vált az adott koordinátahoz tartozó pillanatnyi hozam mennyisége. A nyers adatok feldolgozása a csőrörök számítógépéből való letöltése után az AgStudio szoftverrel történt, ahol a műszaki hibák okozta adathiány korrekciója után elkészült a hozamtérkép.

Felhasznált szoftverek: Digiterra Explorer, QGIS 3.28, AgStudio, Corteva Blueprint

3.4 AZ ELEMZÉS ÉS A VIZSGÁLAT MÓDSZERE

A <https://earthexplorer.usgs.gov> oldalról előzetes regisztráció után letöltöttem **2018.** év 06.12, 07.29, 08.28, a **2019.** év 06.27, 07.27, 08.28 valamint a **2020.** év 06.28, 07.28, 08.27 dátumain elérhető és a mintatáblának megfelelő régióhoz tartozó műholdfelvétel részleteket. A letöltés során szempont volt, hogy legyen egy felhőmentes felvétel a tenyészidőszak elejéről, közepéről és a végéről, lehetőleg a három évben egyidőben. Ezért nem egyezik a három év három időszaka napra pontosan.

A QGIS térinformatikai szoftvert alkalmazva mindegyik időpontra elkészítettem az adott mintaterületre vonatkozó VARI, NDVI és WDRVI index alapján történő osztályozást.

$$\text{VARI (Visible Atmospherically Resistant Index)} = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red - Blue)}$$

ahol Green = a zöld sáv pixelértéke

Red = a vörös sáv pixelértéke

Blue = a kék sáv pixelértéke

A Visible Atmospheric Resistant Index (VARI) célja, hogy kiemelje a növényzetet a spektrum látható részén, miközben csökkenti a megvilágítási különbségeket és a légköri hatásokat. Ideális RGB képekhez, gyakran alkalmazott index multispektrális kamerával nem rendelkező monitoring drónok használata esetén. Az index mindhárom színsávot használja. [3].

$$\text{NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)} = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

ahol a NIR = a közeli infravörös sáv pixelértéke

Red = a vörös sáv pixelértéke

Az NDVI index széleskörűen elterjedt mérőszám. Magas korrelációt mutat a talaj növényzetének állapotával. Mivel az egészséges növényzet a NIR hullámhosszán több fényt ver vissza, mint a beteg, ezért az index magasabb, 1-hez közelítő értéke egészségesebb, jobb vitalitású vegetációra utal. Az NDVI értéke eltérő lehet különböző növényfajok esetében, viszont az NDVI értéke a növényzet vitalitásának megfelelően arányosan növekszik.

Az NDVI értéktartománya -1 és 1 között van. Az NDVI negatív értékei (a -1-hez közelítő értékek) víznek felelnek meg. A nullához közeli értékek (-0,1-től 0,1-ig) általában kopár szikla-, homok- vagy hóterületeknek felelnek meg. Az alacsony, pozitív értékek a cserjéket és a gyepeket jelentik (kb. 0,2-0,4), míg a magas értékek a mérsékelt égövi és trópusi esőerdőket (az értékek megközelítik az 1-et) [18].

$$\text{WDRVI (Wide Dynamic Range Vegetation Index)} = \frac{\alpha * \text{NIR} - \text{Red}}{\alpha * \text{NIR} + \text{Red}}$$

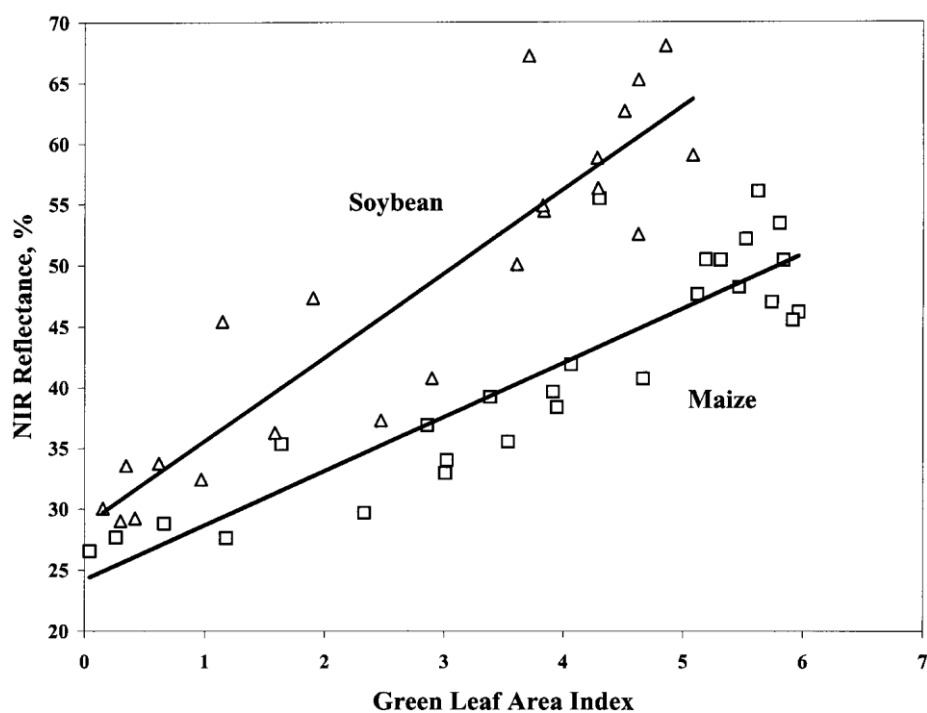
ahol a NIR = a közeli infravörös sáv pixelértéke

Red = a vörös sáv pixelértéke

α = súlyozási együttható, értéke jelen esetben 0,2

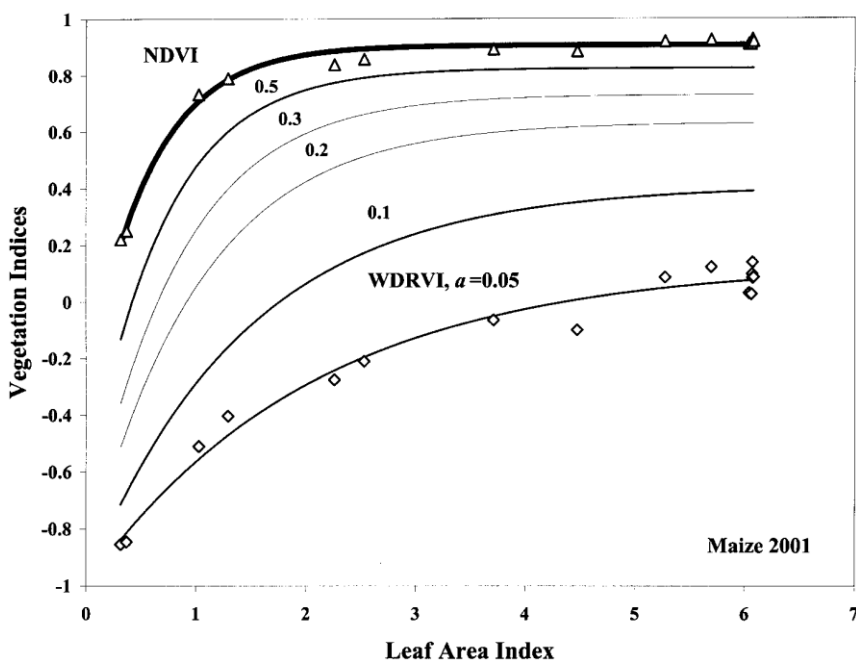
Az NDVI indexszel azonos sávok használatával a dinamikatartomány növelésével a WDRVI lehetővé teszi a termésfiziológiai és fenológiai jellemzők robusztusabb jellemzését. Az NDVI széles körben használatos a vegetáció fiziológiai és biofizikai jellemzőinek időbeli és térbeli eloszlásának monitorozására, elemzésére és feltérképezésére. Míg a vörös tartományban a reflexió csaknem lapos választ mutat, ha a levélfelületi index (LAI) meghaladja a 2 értéket, a közeli infravörös (NIR) továbbra is jelentősen reagál a közepestől a magasig terjedő növényzet változásaira. A NIR nagyobb érzékenysége azonban csekély hatással van az NDVI értékekre, ha a NIR meghaladja a 30 %-ot. Ezért a WDRVI esetében a súlyozási együttható értéke növeli a korrelációt a vegetációs hányaddal. Különösen búza, szója és kukorica esetében látványos a különbség. (6. ábra) A WDRVI érzékenysége a közepestől a magasig terjedő LAI-ra (2 és 6 között) legalább háromszor nagyobb volt, mint az NDVI-é. Ez a tulajdonság értékes lesz a precíziós mezőgazdaságban és a vegetáció állapotának megfigyelésében nagy sűrűségű növényállományokban (7. ábra). [4].

Jellemzően magas (2-6) LAI értékű kultúráknál, ahol az NDVI index „telítődik”, valamint a biológiai érettséghez közeli állapotban lévő kultúráknál a WDRVI sokkal jobban érzékelhető különbségeket mutat. [20].



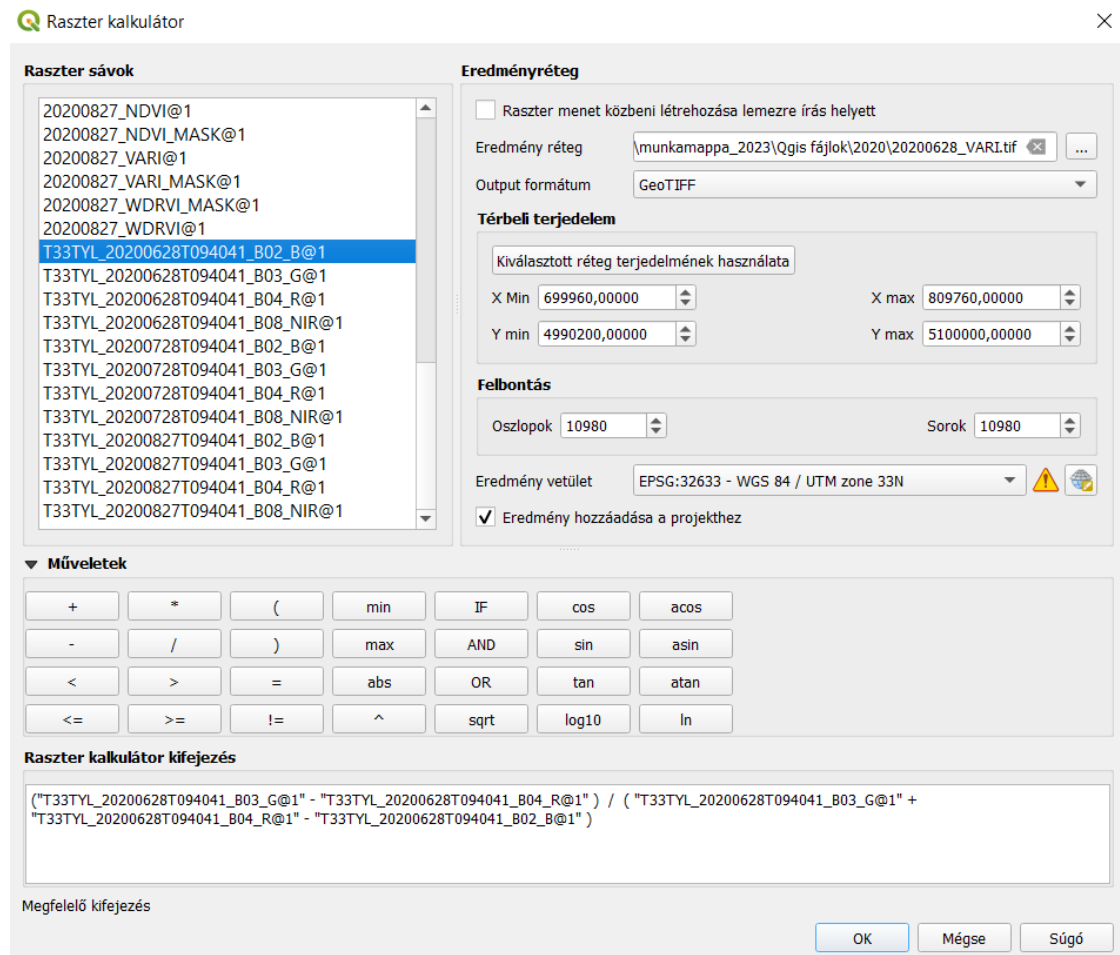
6. ábra A LAI és A NIR reflektancia kukorica és szója esetében (forrás: [4].)

7.



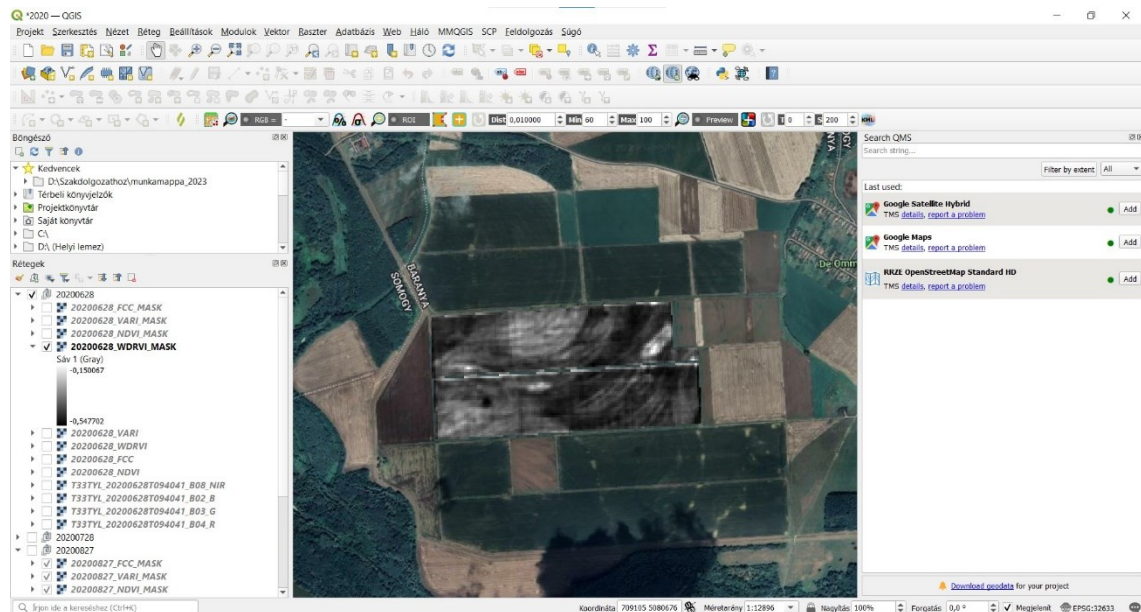
7. ábra: NDVI és WDRVI változó LAI értékek esetén kukoricánál (forrás: [4].)

Az indexek elkészítését a QGIS szoftver *Raszterkalkulátor* funkciójával végeztem a fenti képletek alapján (8. ábra)



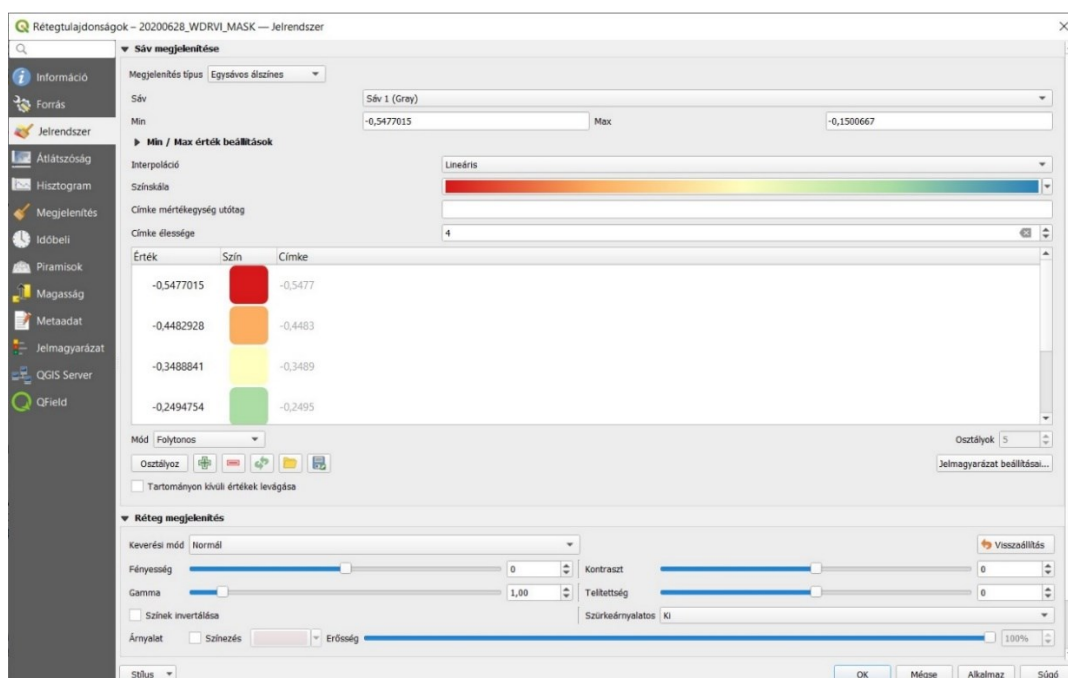
8. ábra: A QGIS „Raszterkalkulátor” funkciója a vegetációs indexek számításához (forrás: Saját munka)

Az eredményraszter a letöltött képméretre készült el. Én viszont csak a mintaterületre vonatkozó index-raszterre voltam kíváncsi, ezért az eredményraszterből a táblahatár felhasználásával a „Raszter vágása maszkoló réteggel...” funkcióval elkészítettem a mintaterületre vonatkozó index-rasztert. (9. ábra) A számítások során az EPSG:32633 - WGS84/ UTM zone 33N vetületi koordináta rendszert alkalmaztam.

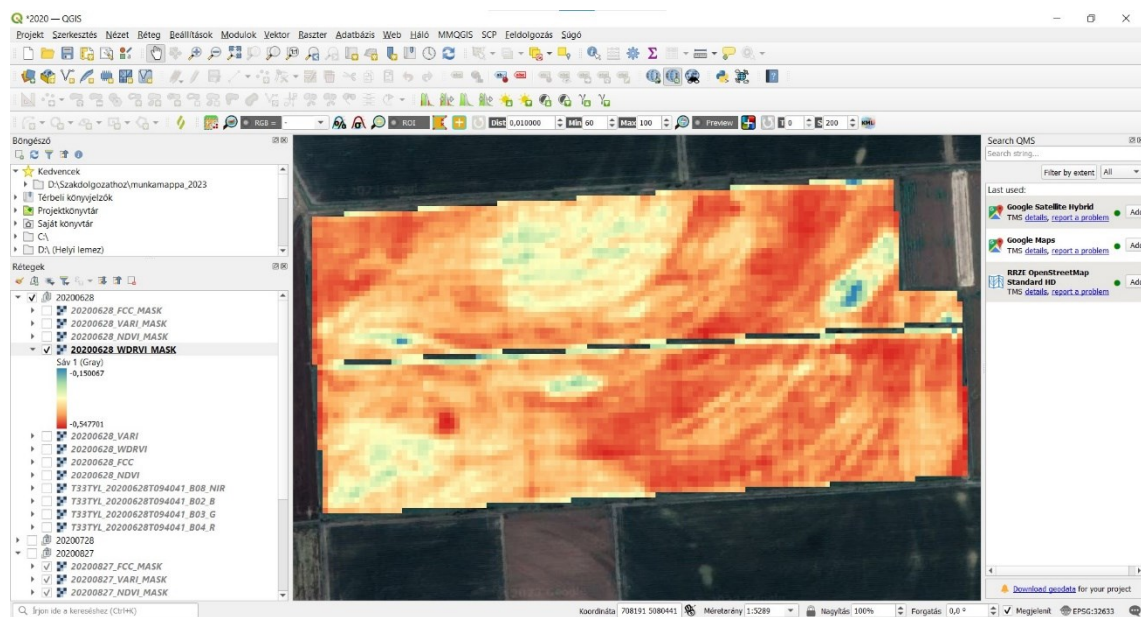


9. ábra A tábla határvonalával történt maszkolás után (forrás: Saját munka)

A raszterkép megjelenítéséhez a rétegtulajdonságok beállításánál az „egysávos álszínes” típust választottam, a minimum és maximum értékek a raszterkép teljes terjedelméről lettek beállítva. Az osztályozási mód „folytonos” beállítással történt. (10. ábra)



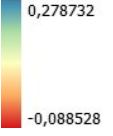
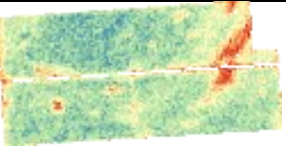
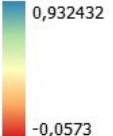
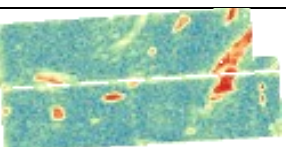
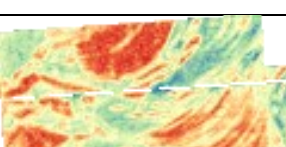
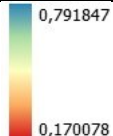
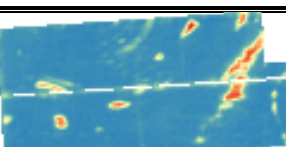
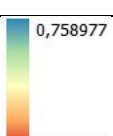
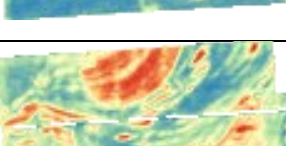
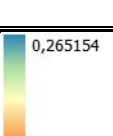
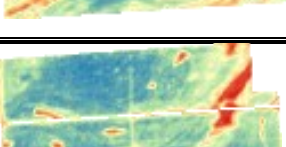
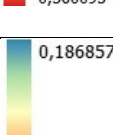
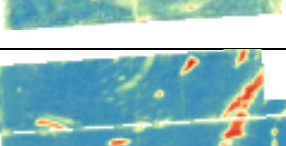
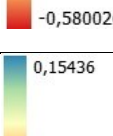
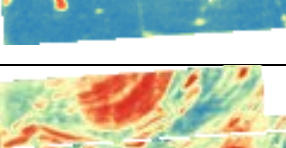
10. ábra A táblahatárral maszkolt raszterréteg tulajdonságainak beállítása (forrás: Saját munka)



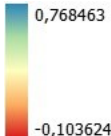
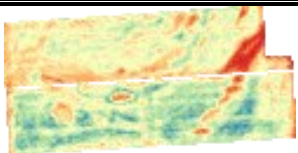
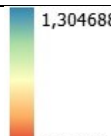
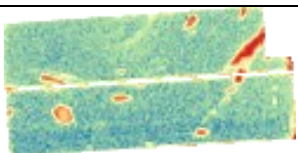
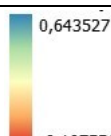
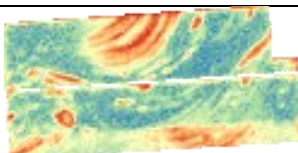
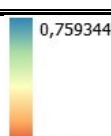
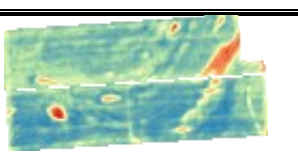
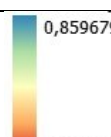
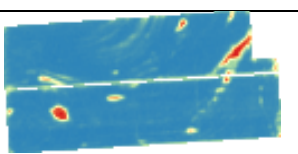
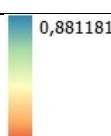
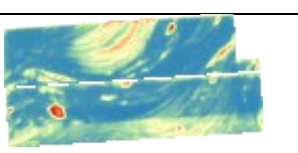
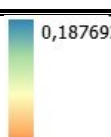
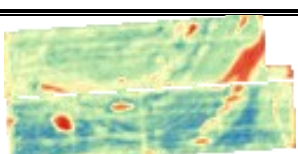
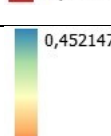
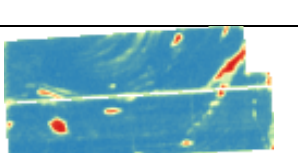
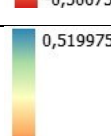
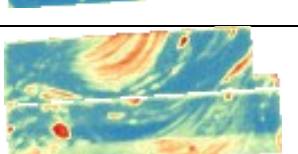
11. ábra A táblahatárral maszkolt raszterréteg tulajdonságainak beállítása (forrás: Saját munka)

A fent leírt módszerrel készítettem el a három vizsgált év (2018, 2019, 2020) három időpontjának megfelelően a VARI, NDVI és a WDRVI indexek számítását. (11. ábra)

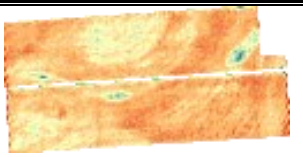
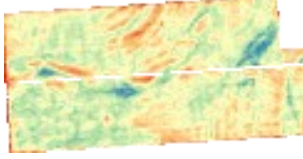
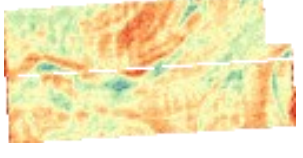
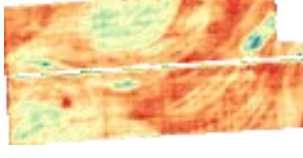
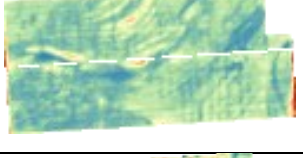
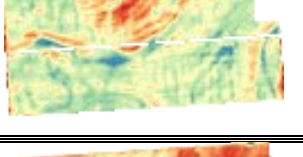
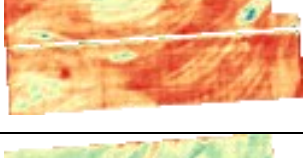
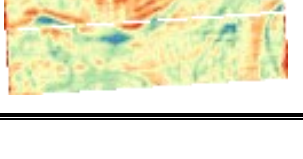
Az adott években a három különböző időpontban számított indexek eredményeit az alábbi táblázatok tartalmazzák.

2018 év értékei kukorica esetében			
Dátum	Módszer	Érték intervallum	Index raszter
06.12	VARI		
07.29	VARI		
08.28	VARI		
06.12	NDVI		
07.29	NDVI		
08.28	NDVI		
06.12	WDRVI		
07.29	WDRVI		
08.28	WDRVI		

2. táblázat A 2018 év három különböző időpontban számolt értékei kukorica esetében (forrás: saját munka)

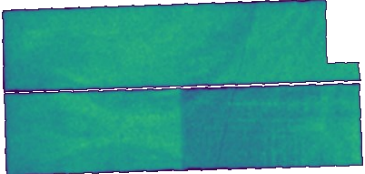
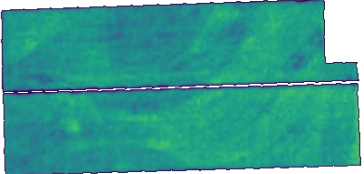
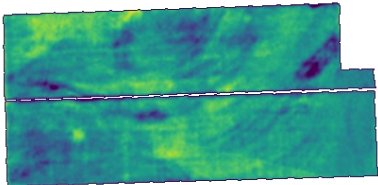
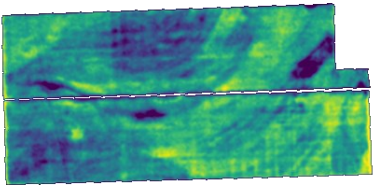
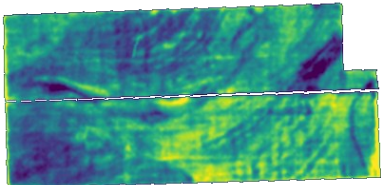
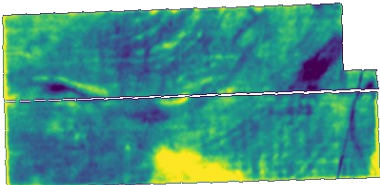
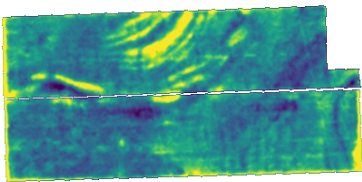
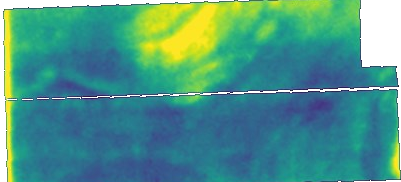
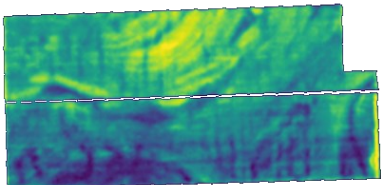
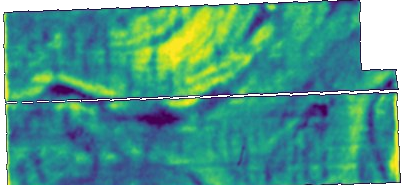
2019. év értékei szója esetében			
Dátum	Módszer	Érték intervallum	Index raszter
06.27	VARI		
07.27	VARI		
08.28	VARI		
06.27	NDVI		
07.27	NDVI		
08.28	NDVI		
06.27	WDRVI		
07.27	WDRVI		
08.28	WDRVI		

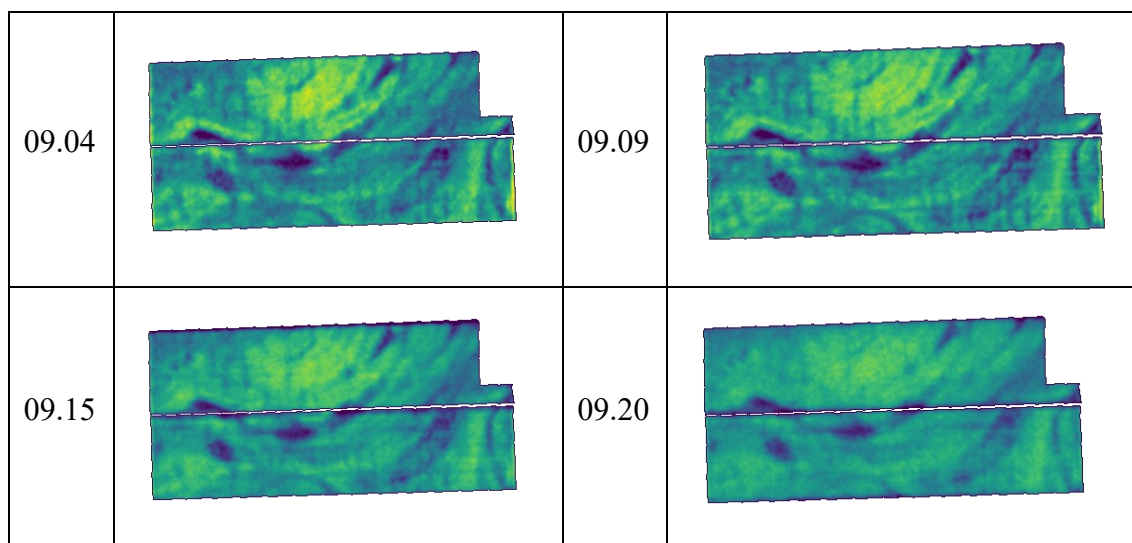
3. táblázat A 2019 év három különböző időpontban számolt értékei szója esetében (forrás: saját munka)

2020. év értékei hibridkukorica esetében			
Dátum	Módszer	Érték intervallum	Index raszter
06.28	VARI	 0,243243 -0,135616	
07.28	VARI	 0,913486 -0,085106	
08.27	VARI	 0,353642 -0,073892	
06.28	NDVI	 0,574028 0,187386	
07.28	NDVI	 0,801409 0,238809	
08.27	NDVI	 0,582983 0,243538	
06.28	WDRVI	 -0,150067 -0,547701	
07.28	WDRVI	 0,289317 -0,508873	
08.27	WDRVI	 -0,136884 -0,505143	

4. táblázat A 2020 év három különböző időpontban számolt értékei hibridkukorica esetében (forrás: saját munka)

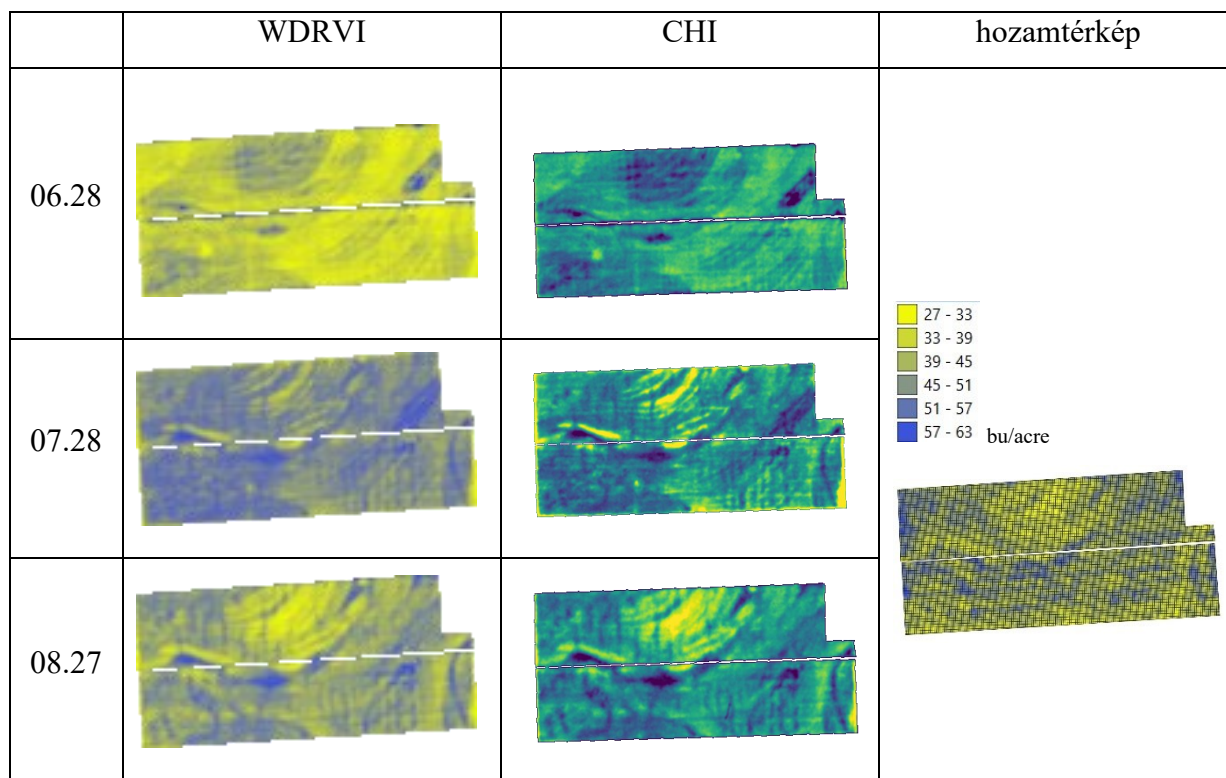
A 2020. év során az adott hibridkukorica tábláról készült CHI felvételek a tenyészidőszaknak megfelelő sorrendben. A kék színezet a magasabb, jobb vitalitású, a sárga az alacsonyabb értékeket jelenti. Itt csak azokat a felvételeket jelenítettem meg amelyek időben haladva egymástól jelentős különbséget mutattak. (5. táblázat)

05.08		06.13	
06.26		06.30	
07.11		07.15	
08.01		08.18	
08.22		08.27	

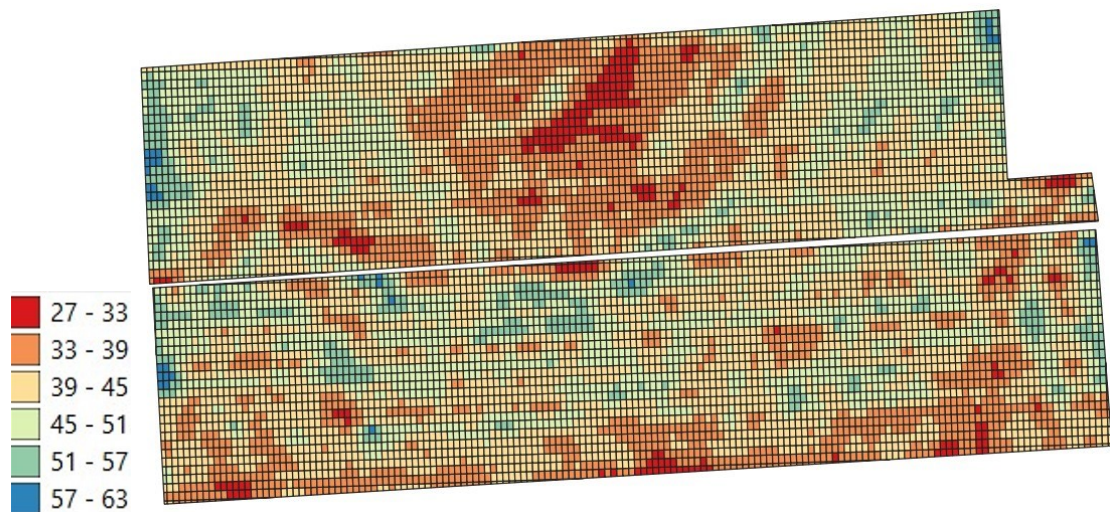


5. táblázat Crop Health Index hibridkukoricában, 2020 (forrás: Corteva)

A 2020. év esetében az alábbi táblázat mutatja a számolt WDRVI index, a „készén kapott” CHI index és a betakarított hibridkukorica utólag letöltött hozamtérképét. A könnyebb összehasonlíthatóság végett a WDRVI index és a hozamtérkép színezését is kék (magasabb) – sárga (alacsonyabb) értékeknek megfelelő színekre módosítottam (6. táblázat)



6. táblázat 2020. év három időpontjában a WDRVI, CHI, hozamtérkép (forrás: saját munka)

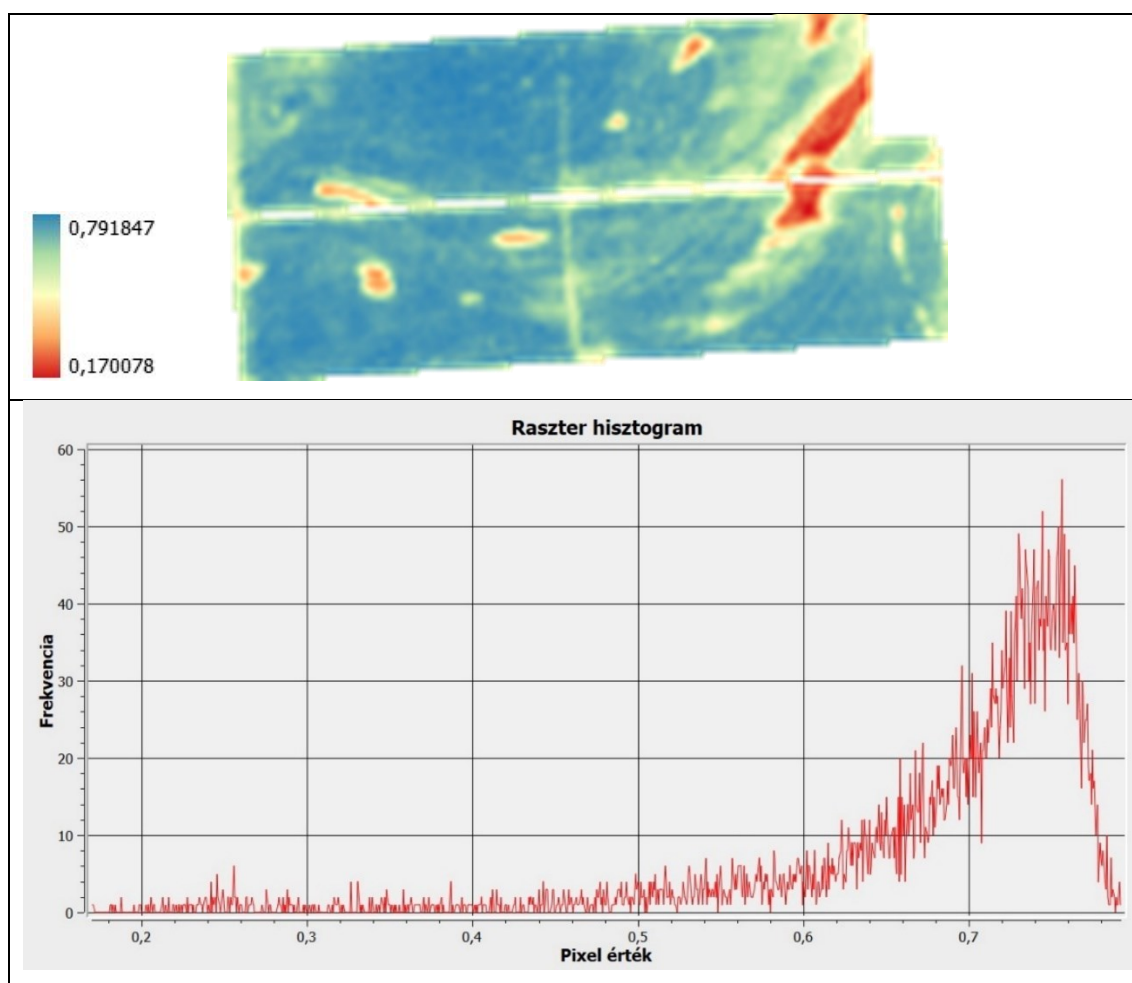


12. ábra 2020. év hibridkukorica hozamtérképe (bu/acre)

A 12. ábrán látható hozamtérkép a hozammérővel felszerelt csőtörő betakarítógép adatrögzítő eszközéből került letöltésre. Az adatrögzítési hibák korrigálása után az AgStudio szoftverből multipolygonos vektor réteggént volt lehetőségem letölteni. A rendszer az USA mértékegysége szerint bushel/acre -ben adja meg az eredményt. Ez itt 41,6 bu/acre átlagtermést jelent, ami 2,8 t/ha átlagtermésnek felel meg.

4. EREDMÉNYEK

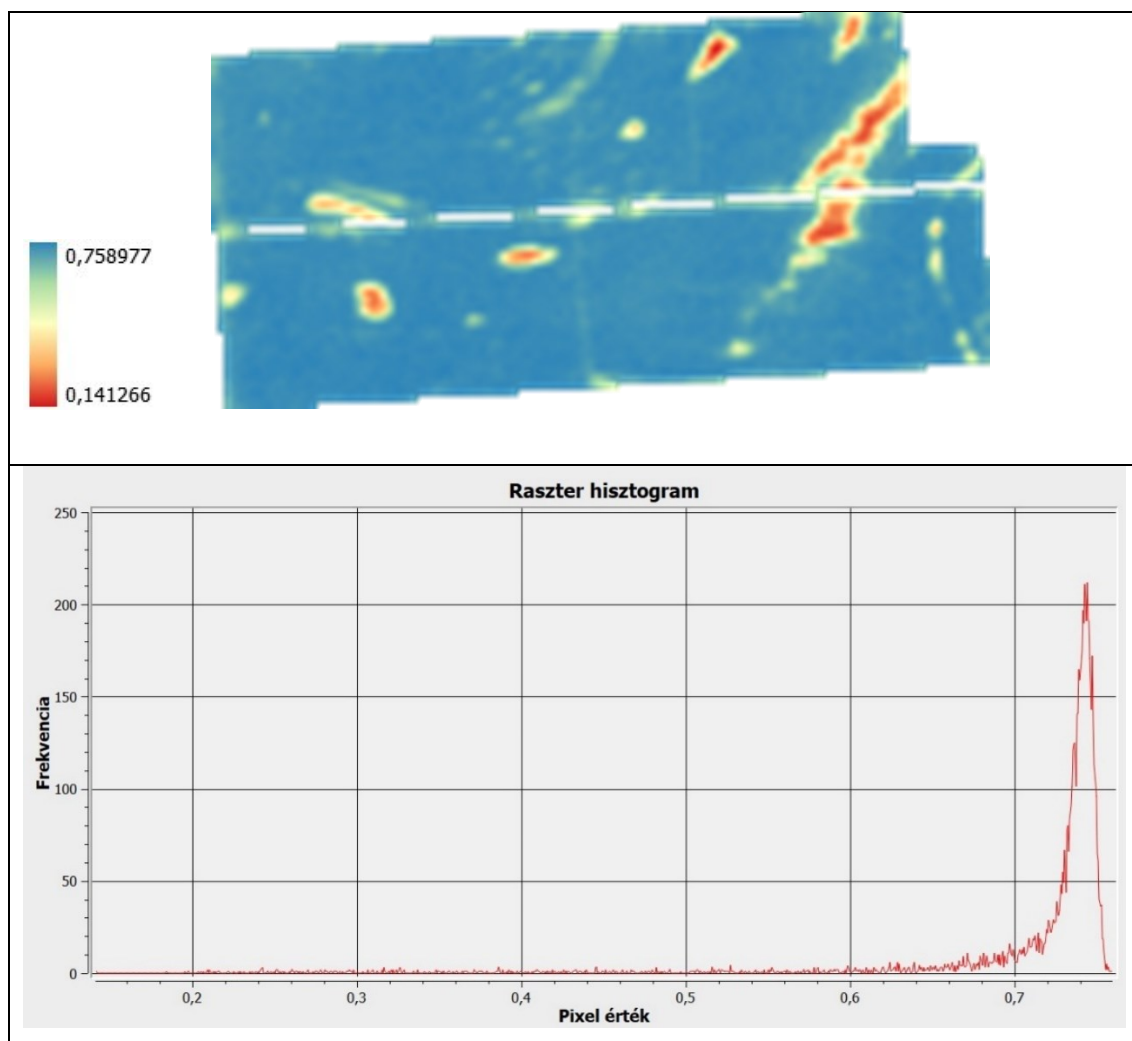
Az alábbi táblázatokban a három év különböző kultúrnövényének három fenológiai fázisban számított NDVI és WDRVI értékeit, valamint a raszterkép hisztogramját jelenítettem meg. Vizuális interpretáció és a személyes tapasztalatok alapján értelmezhetőek az ábrák.



13. ábra **NDVI** index raszterképe és a hisztogramja **kukorica** esetében, **2018.06.12**

Minimális érték: 0.170078	Maximális érték: 0.791846	Középérték: 0.682983
---------------------------	---------------------------	----------------------

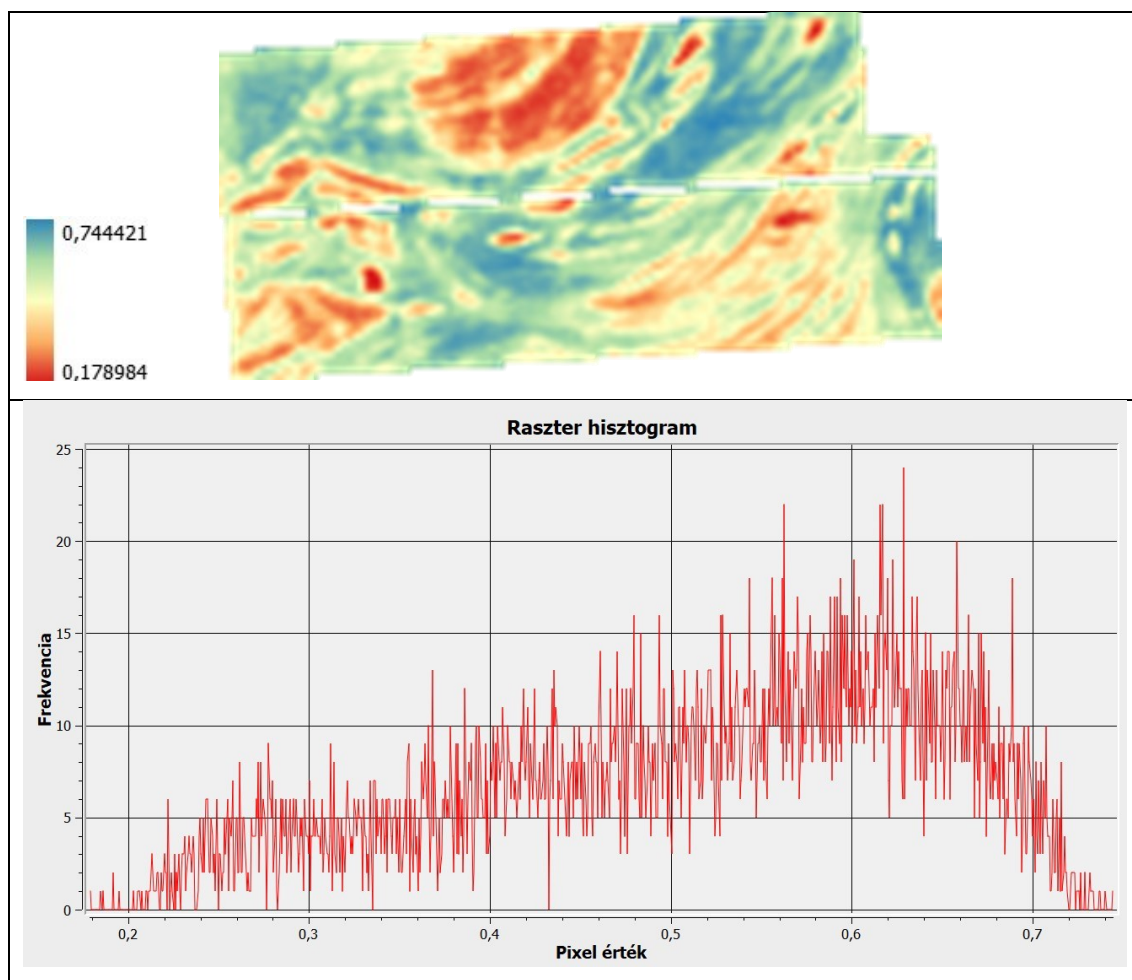
A 0,7 körüli középérték a vegetáció jó állapotára utal. Az ábrán jól láthatóak a talajszerkezet heterogenitást követő növényfejllettségi eltérés.



14. ábra NDVI index raszterképe és a hisztogramja **kukorica** esetében, **2018.07.29**

Minimális érték: 0.141265	Maximális érték: 0.758976	Középérték: 0.713950
---------------------------	---------------------------	----------------------

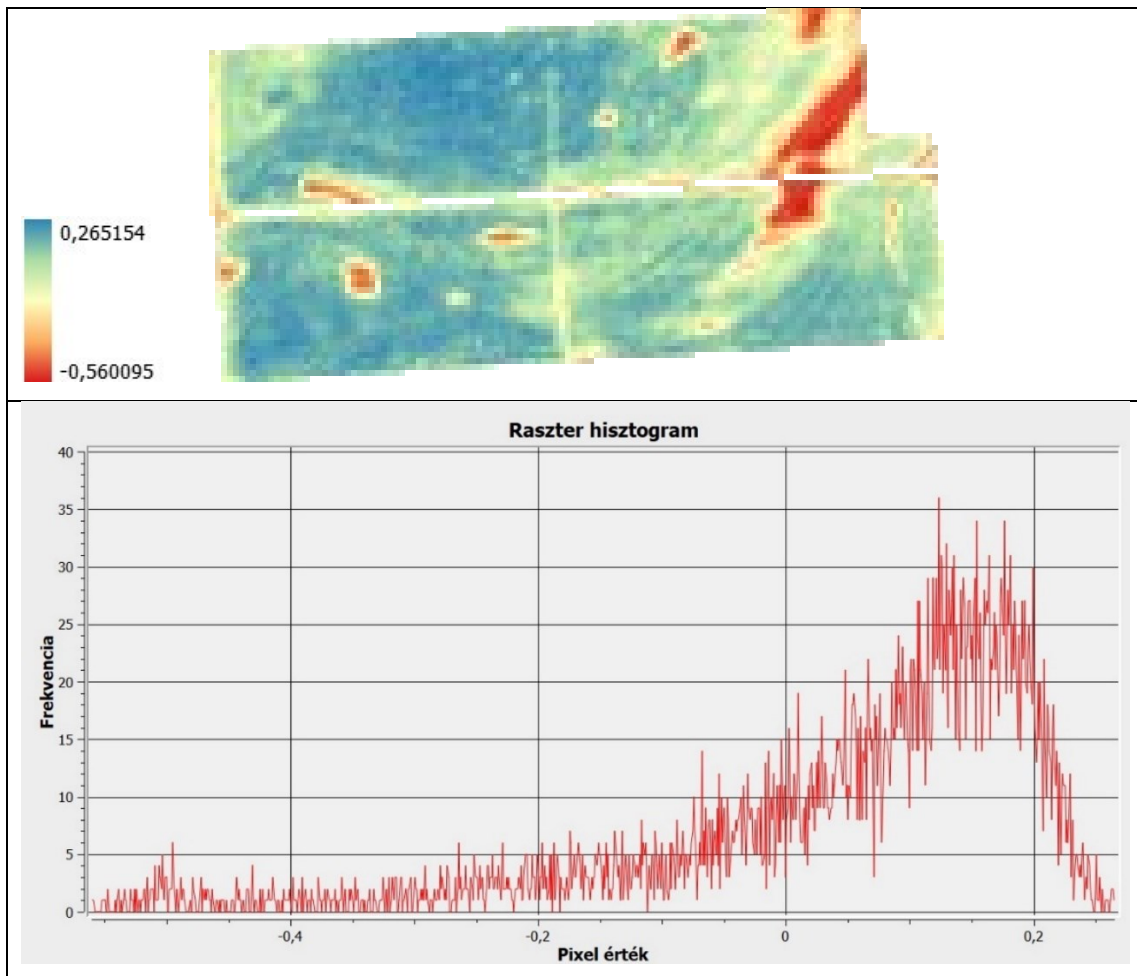
A tenyészedőszak előrehaladásával a növényzet zöld felületének növekedésével magas értéket mutat az index. A hisztogram határozottan közelít az 1 felsőérték felé. A növényzet kitűnő egészségi állapotban van, ugyanakkor a táblára jellemző struktúra jól látható.



15. ábra **NDVI** index raszterképe és a hisztogramja **kukorica** esetében, **2018.08.28**

Minimális érték: 0.178984	Maximális érték: 0.744420	Középérték: 0.513502
---------------------------	---------------------------	----------------------

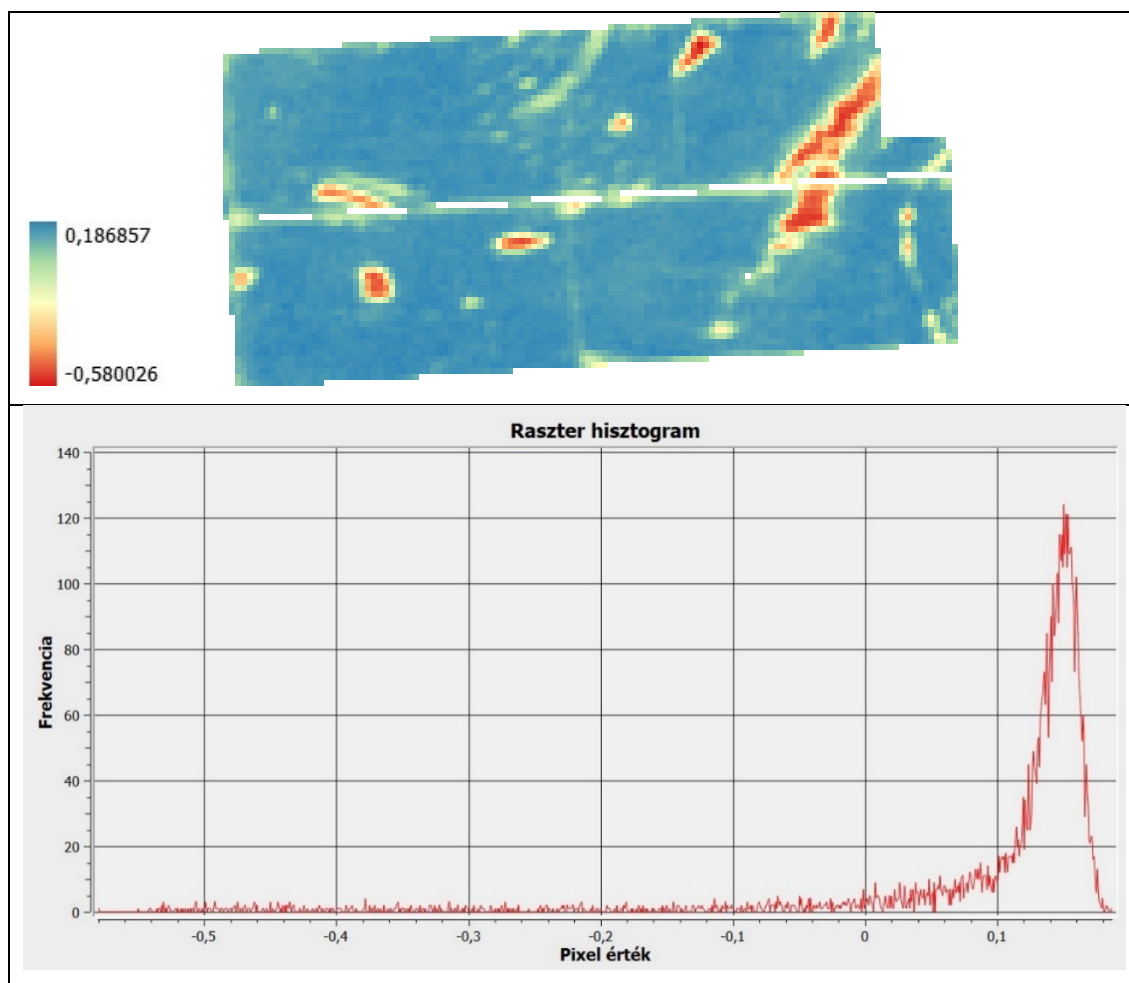
Ahogy a növényzet közelít az érési fázishoz, jól látható, hogy az index értéke szélesebb tartományba kerül, a növényzet állapota jól követi a talajszerkezeti jellemzőket.



16. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **kukorica** esetében, **2018.06.12**

Minimális érték: -0.560095	Maximális érték: 0.265154	Középérték: 0.0500924
----------------------------	---------------------------	-----------------------

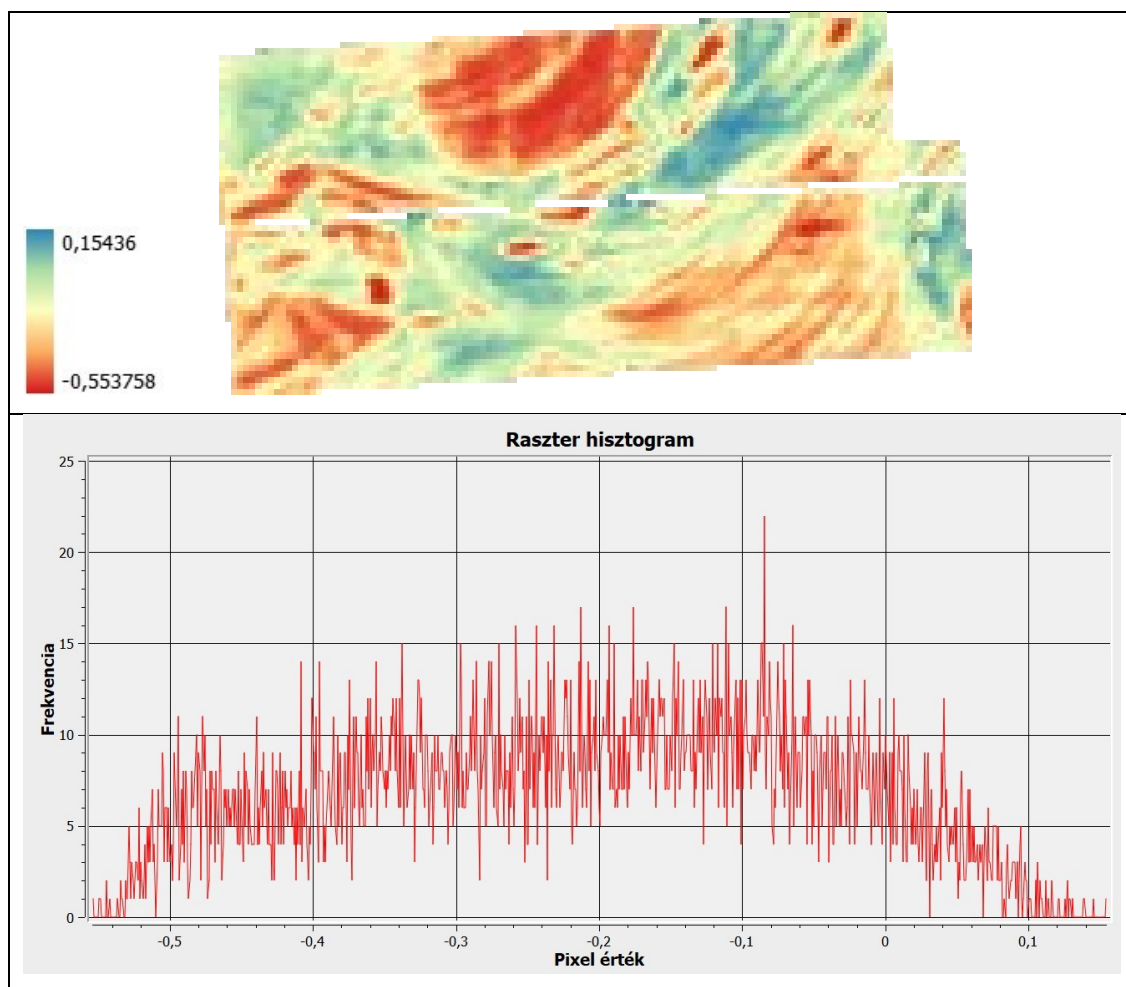
A WDRVI index a NIR sáv pixelértékeinek korrekciója révén sokkal nagyobb érzékenységben mutatja meg ugyanazon állapotot.



17. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **kukorica** esetében, **2018.07.29**

Minimális érték: -0.580026	Maximális érték: 0.186856	Középérték: 0.102276
----------------------------	---------------------------	----------------------

A július végi állapot azt mutatja, hogy a növényzet vitalitása jó. A vegetáció homogénnek mondható. Ekkor vélhetően öntözés vagy csapadék következtében került ebbe a jobb kondícióba a növényzet. Ugyanakkor az is látható, hogy a rossz vízgazdálkodású homokfoltokon ennek ellenére is egyre gyengébb a vegetáció.

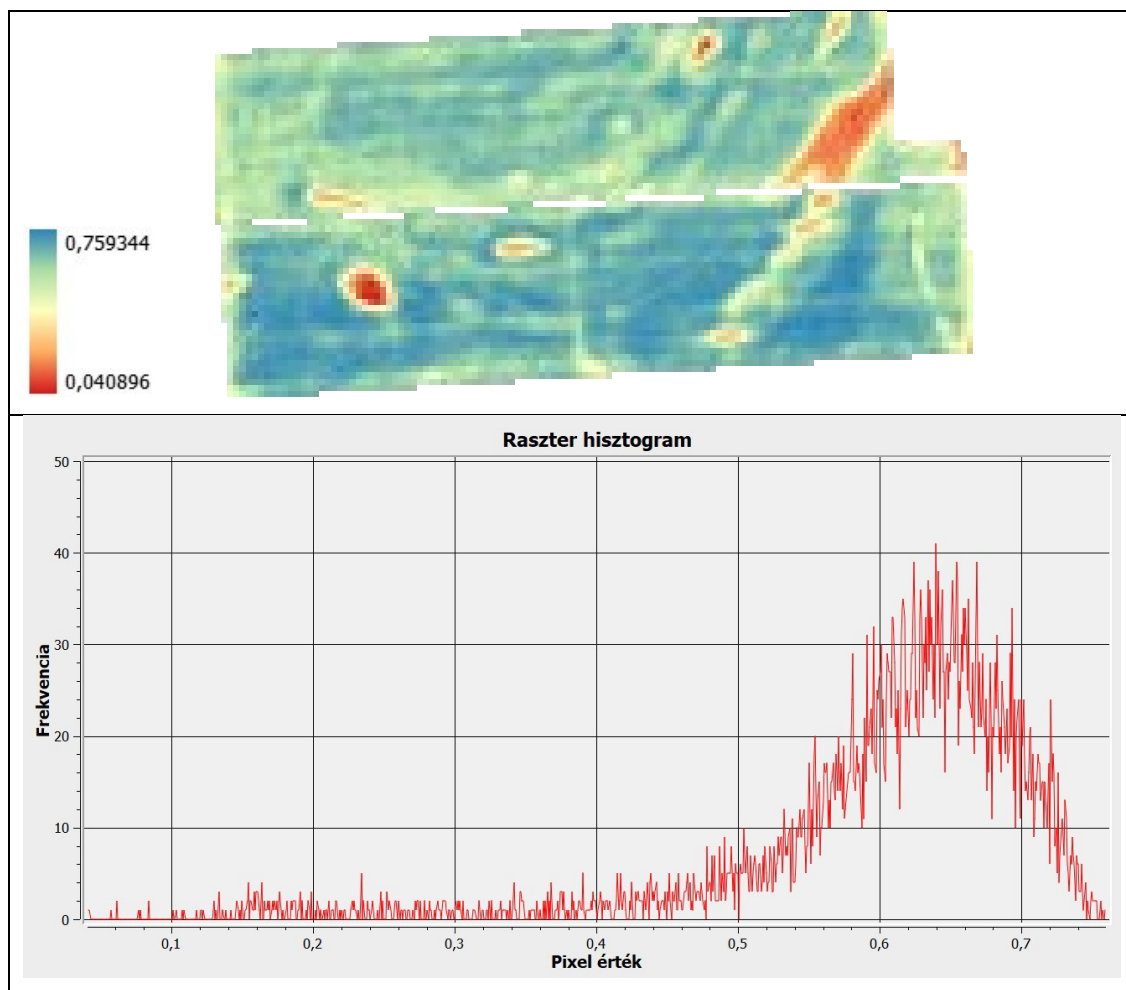


17. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **kukorica** esetében, **2018.08.28**

Minimális érték: -0.553758	Maximális érték: 0.154360	Középérték: -0.212588
----------------------------	---------------------------	-----------------------

Az érési idő végéhez közeledve az index egyre határozottabban mutatja a növényzet egészségi romlását.

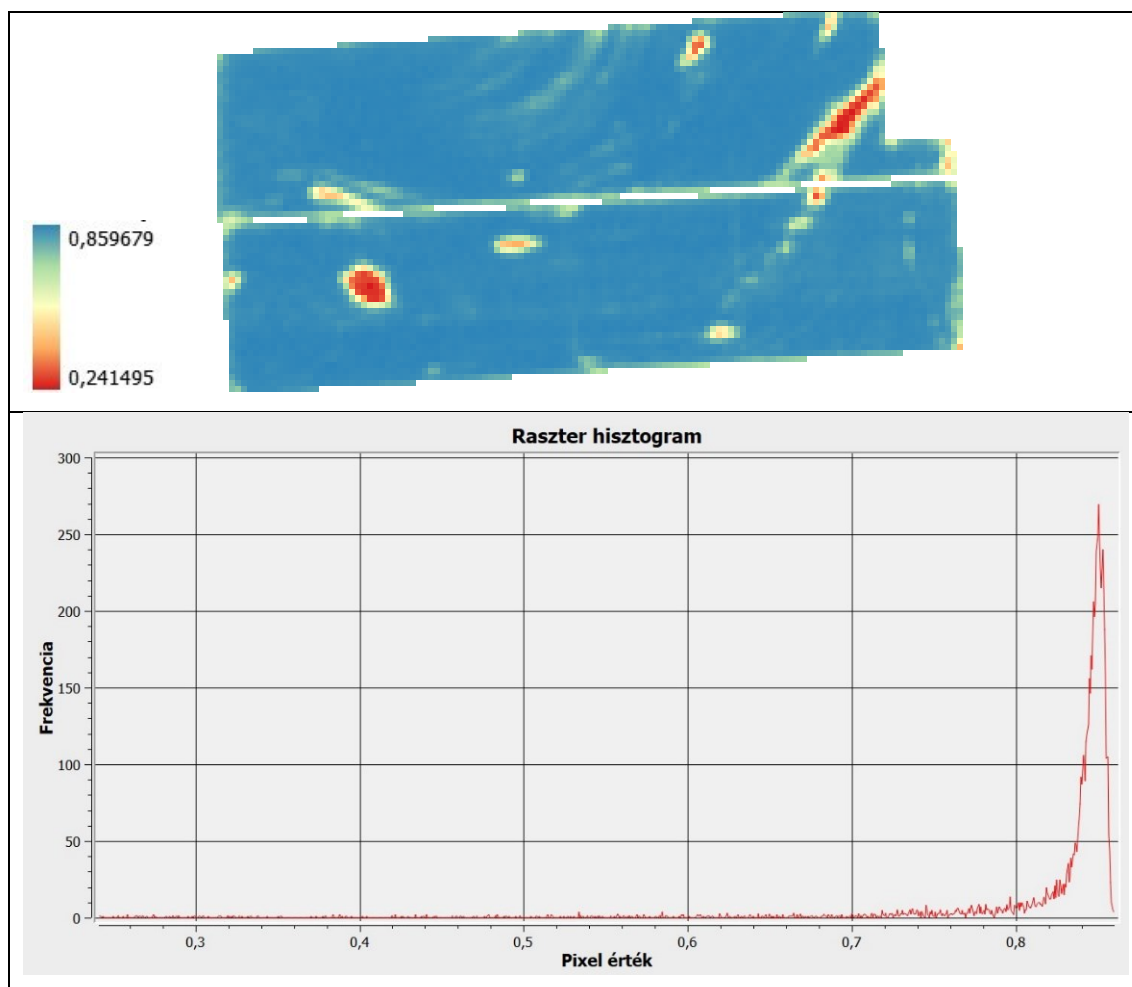
A következő ábrákon a 2019. évben termesztett szója állapotváltozásait követhetjük nyomon. (18.,19.,20.,21.,22. ábra)



18. ábra **NDVI** index raszterképe és a hisztogramja **szója** esetében, **2019.06.27**

Minimális érték: 0.040896	Maximális érték: 0.759343	Középérték: 0.604975
---------------------------	---------------------------	----------------------

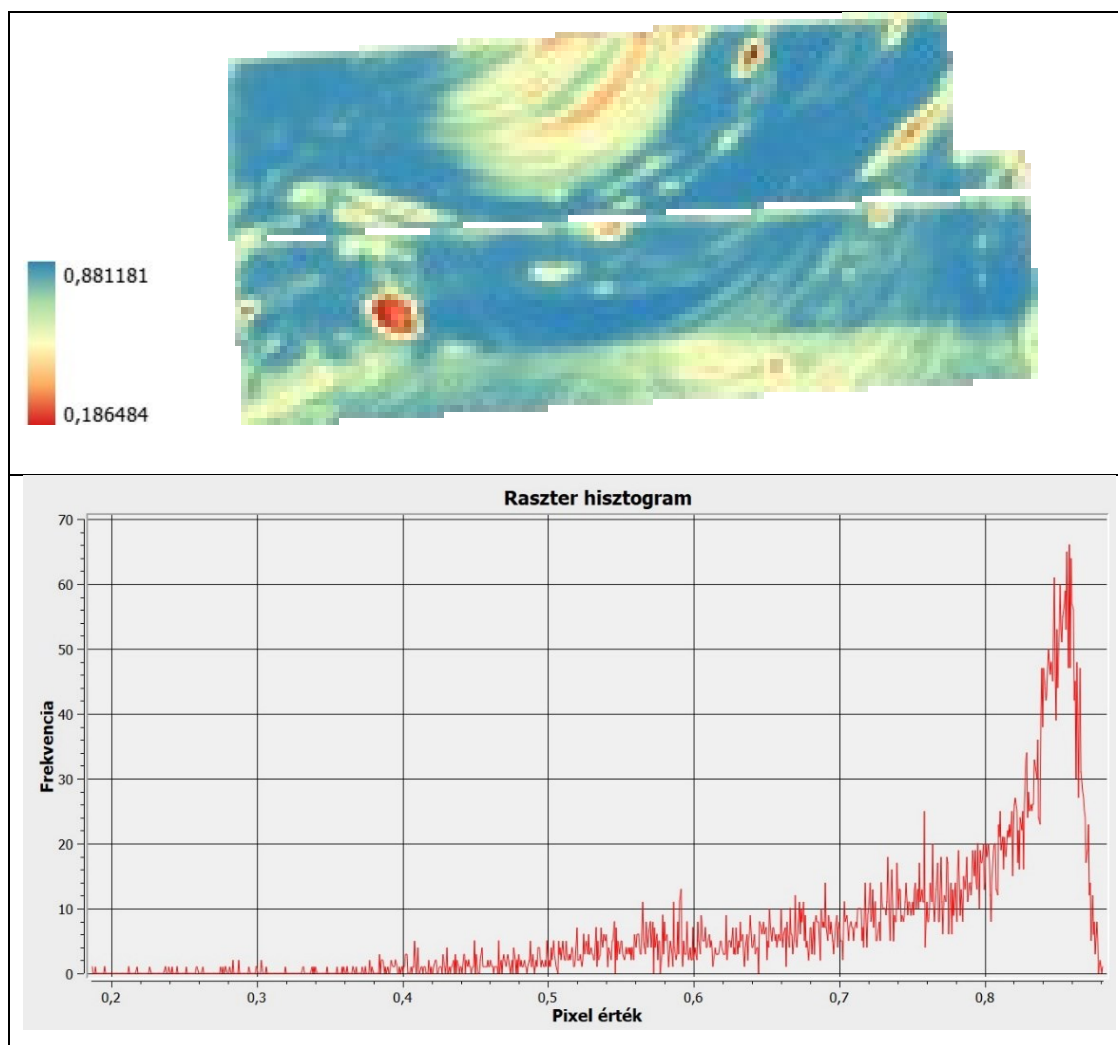
Az ábrán jól láthatóak ebben az évben is a táblára jellemző talajszerkezeti eltérésekből adódó gyengébb vegetáció foltok, azonban a növényzet állapota összességében jónak mondható.



19. ábra NDVI index raszterképe és a hisztogramja **szója** esetében, **2019.07.27**

Minimális érték: 0.241494	Maximális érték: 0.859679	Középérték: 0.825649
---------------------------	---------------------------	----------------------

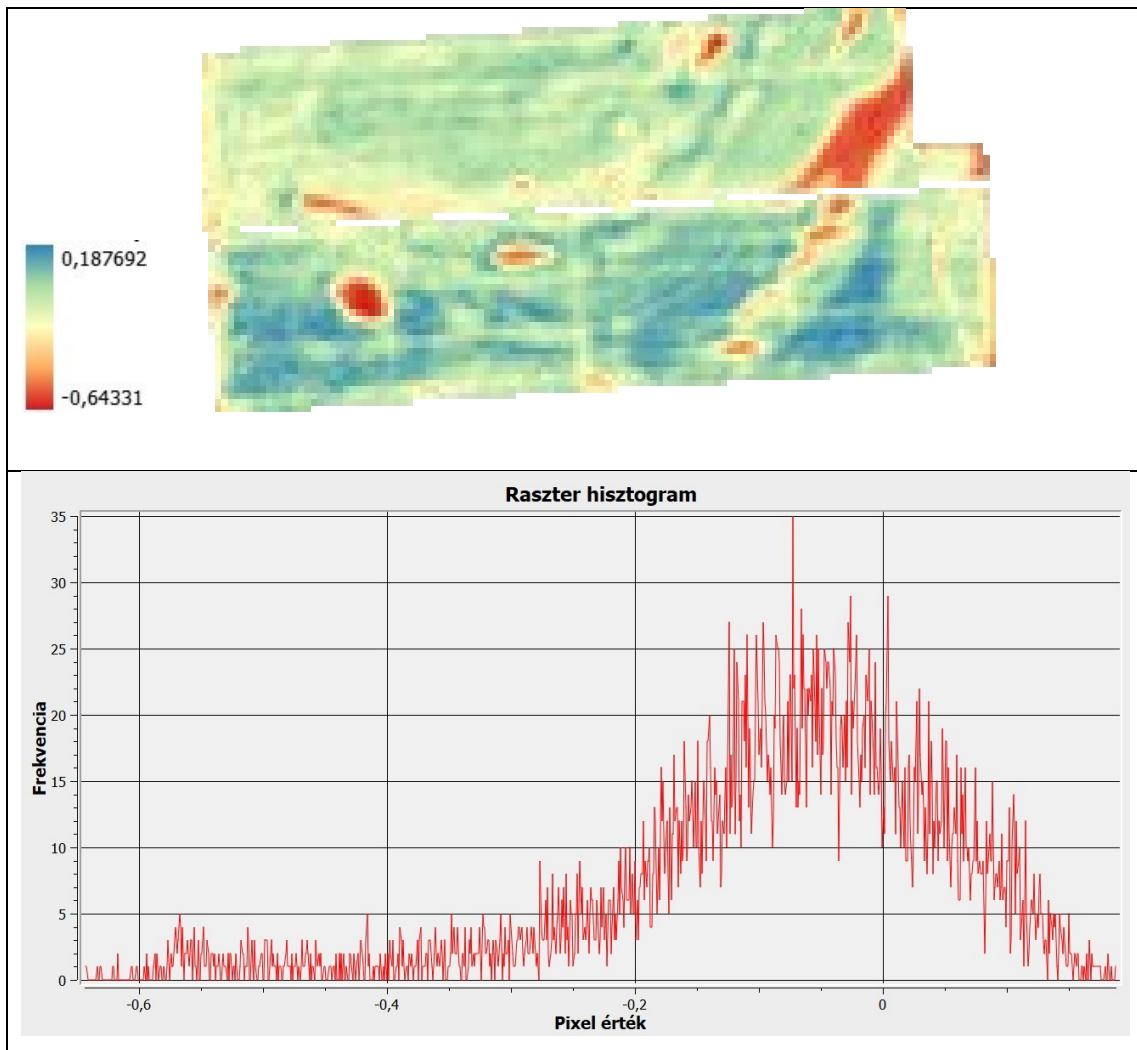
Az index igen magas pixelértékei egyértelműen egy dús, zöld vegetációt jelentenek. Valószínűleg nem sokkal öntözés utáni állapot látható, ugyanakkor a jól kivehető foltokon a növényzet vélhetően már erősen károsodott.



20. ábra **NDVI** index raszterképe és a hisztogramja **szója** esetében, **2019.08.28**

Minimális érték: 0.186483	Maximális érték: 0.881180	Középérték: 0.758745
---------------------------	---------------------------	----------------------

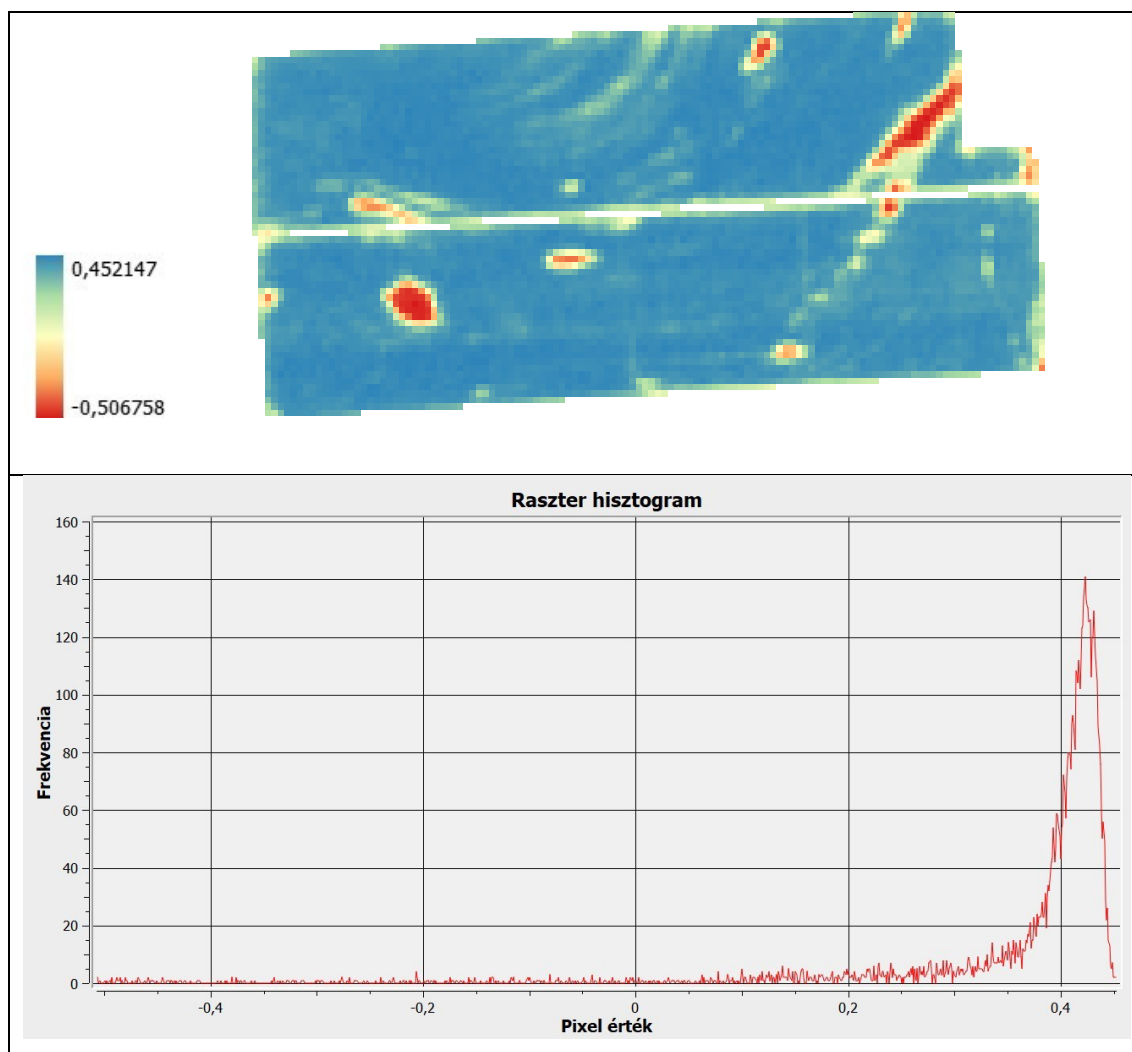
A nyár végén készült számítás alapján még mindig jó állapotban van a növényzet, de már kezd szélesedni a pixelérték tartomány, ami az érés közeledtét jelzi és azt, hogy a homokfoltokon a növényzet stressz szintje jobban megnövekedett.



20. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **szója** esetében, **2019.06.27**

Minimális érték: -0.643309	Maximális érték: 0.187692	Középérték: -0.086805
----------------------------	---------------------------	-----------------------

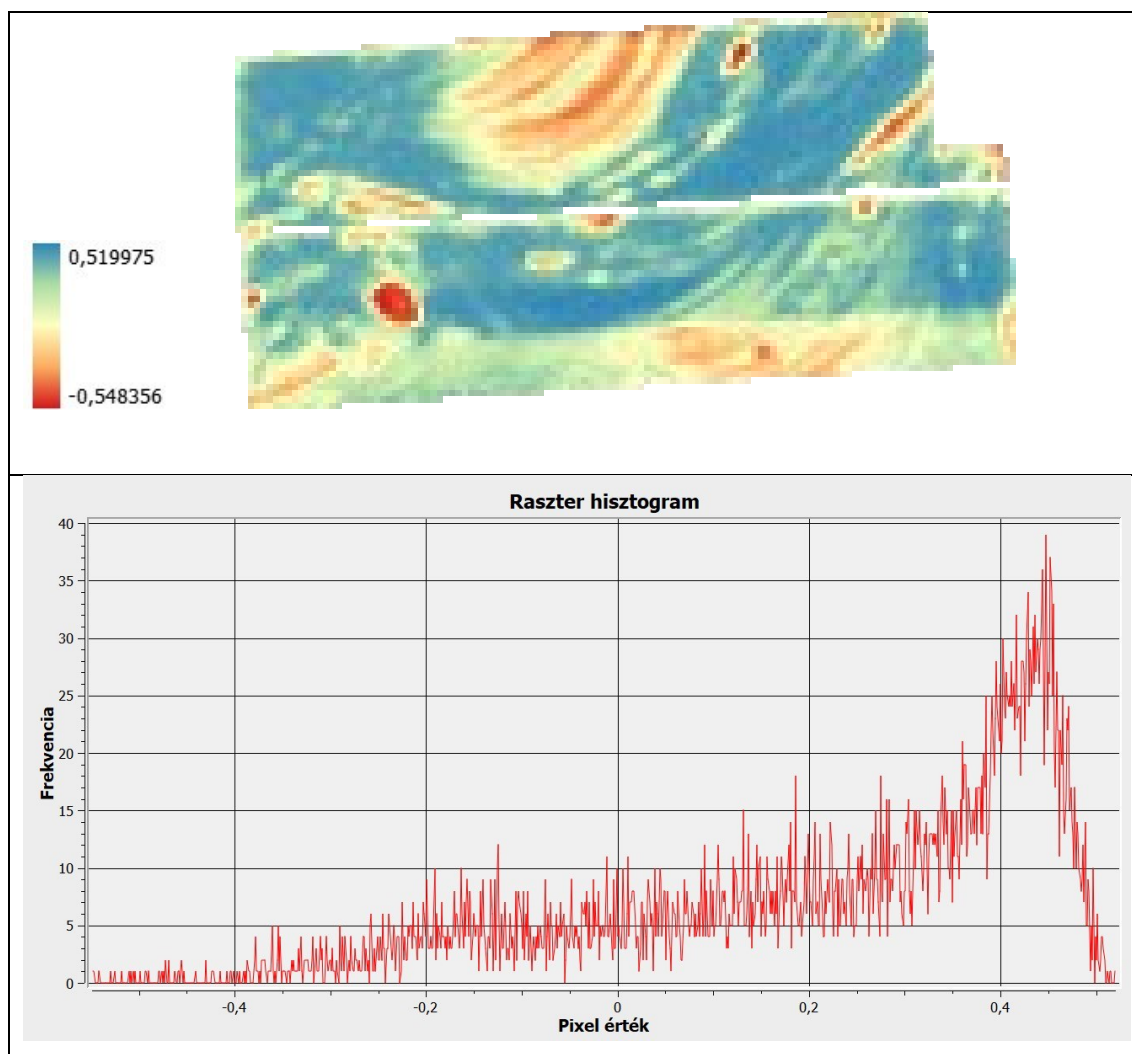
A WDRVI index a növényállapot különbözőségét sokkal érzékenyebben mutatja.



21. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **szója** esetében, **2019.07.27**

Minimális érték: -0.506758	Maximális érték: 0.452146	Középérték: 0.368252
----------------------------	---------------------------	----------------------

Ahogy az NDVI érték ebben az időszakban a WDRVI is igen jó állapotban mutatja a vegetáció állapotát, de itt jobban láthatóak a kisebb különbségek is.

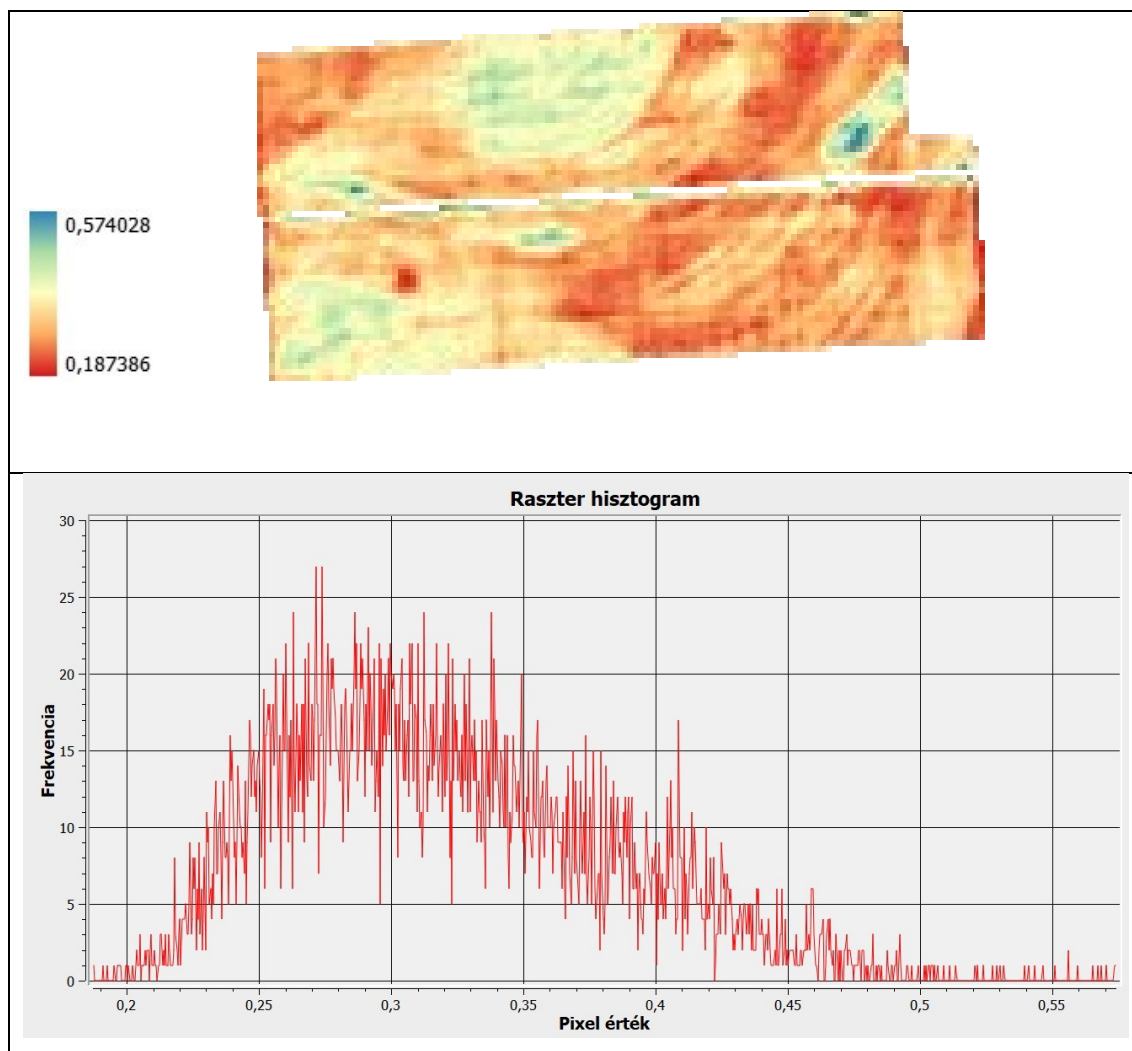


22. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **szója** esetében, **2019.08.28**

Minimális érték: -0.548355	Maximális érték: 0.519975	Középérték: 0.222257
----------------------------	---------------------------	----------------------

Az NDVI értékhez hasonlóan, de nagyobb érzékenységgel jelenik meg a növényállomány fejlettségi állapota.

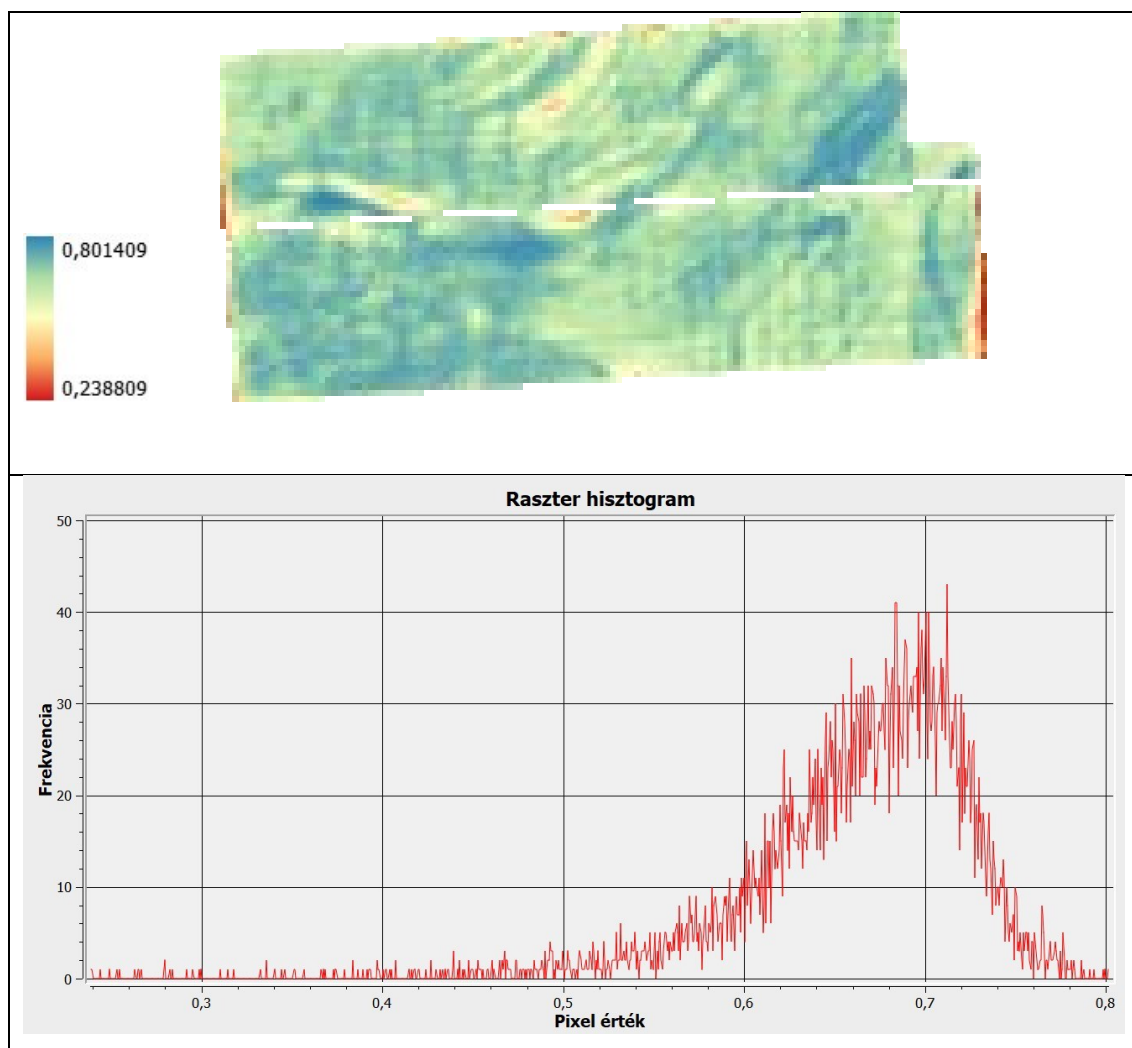
A következő ábrákon a 2020. évben termesztett hibridkukorica állapotváltozásait követhetjük nyomon. (23.,24.,25.,26.,27. ábra)



23. ábra NDVI index raszterképe és a hisztogramja **hibridkukorica** esetében, **2020.06.28**

Minimális érték: 0.187386	Maximális érték: 0.574028	Középérték: 0.320966
---------------------------	---------------------------	----------------------

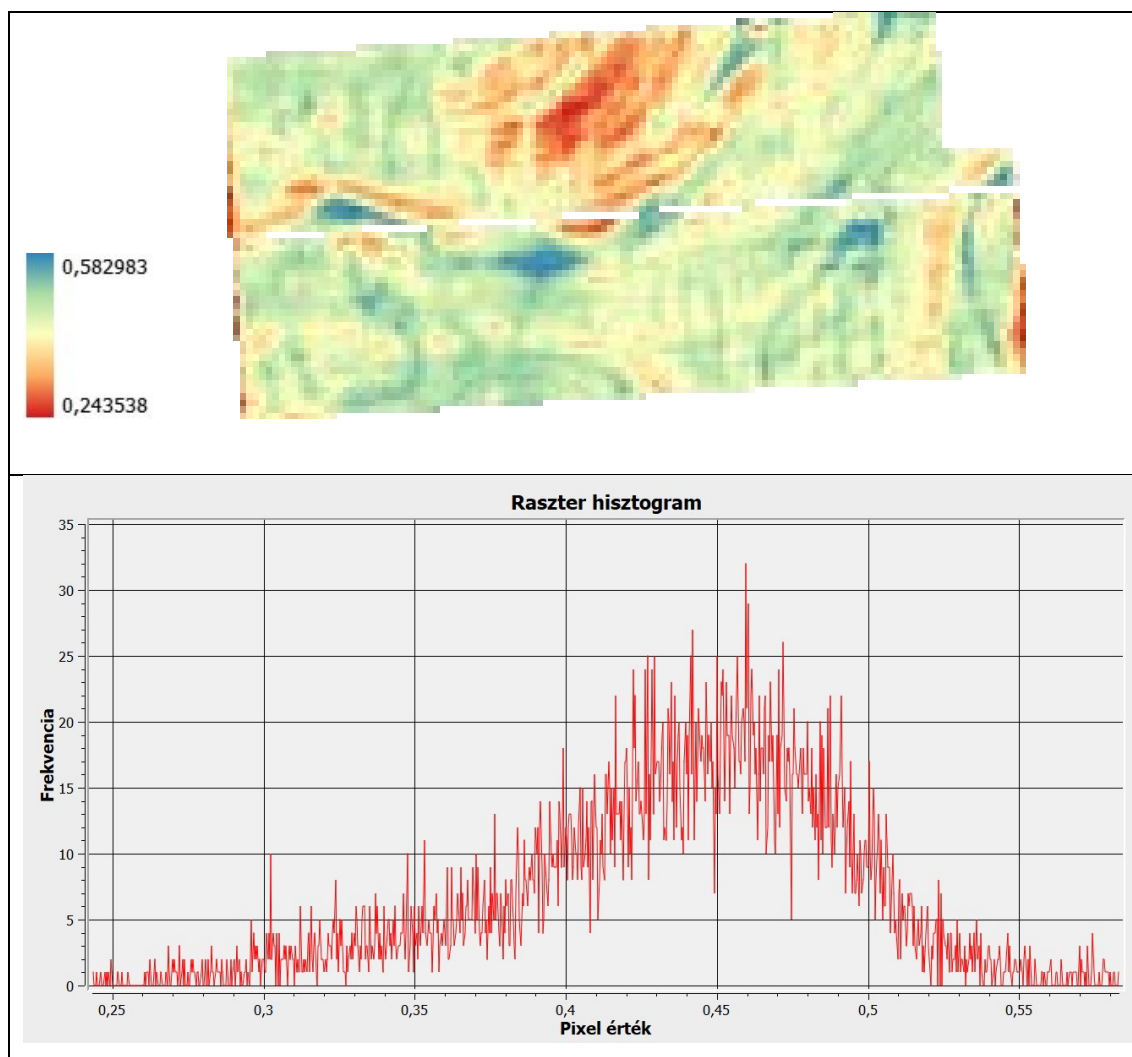
Hibridkukorica esetén ebben a fenológia fázisban ez az állapot nem kedvező. A beltenyésztett szülői vonalak nagyon érzékenyek a környezeti hatásokra, különösen a vízhiány okozta stresszre.



24. ábra NDVI index raszterképe és a hisztogramja **hibridkukorica** esetében, **2020.07.28**

Minimális érték: 0.238809	Maximális érték: 0.801409	Középérték: 0.662920
---------------------------	---------------------------	----------------------

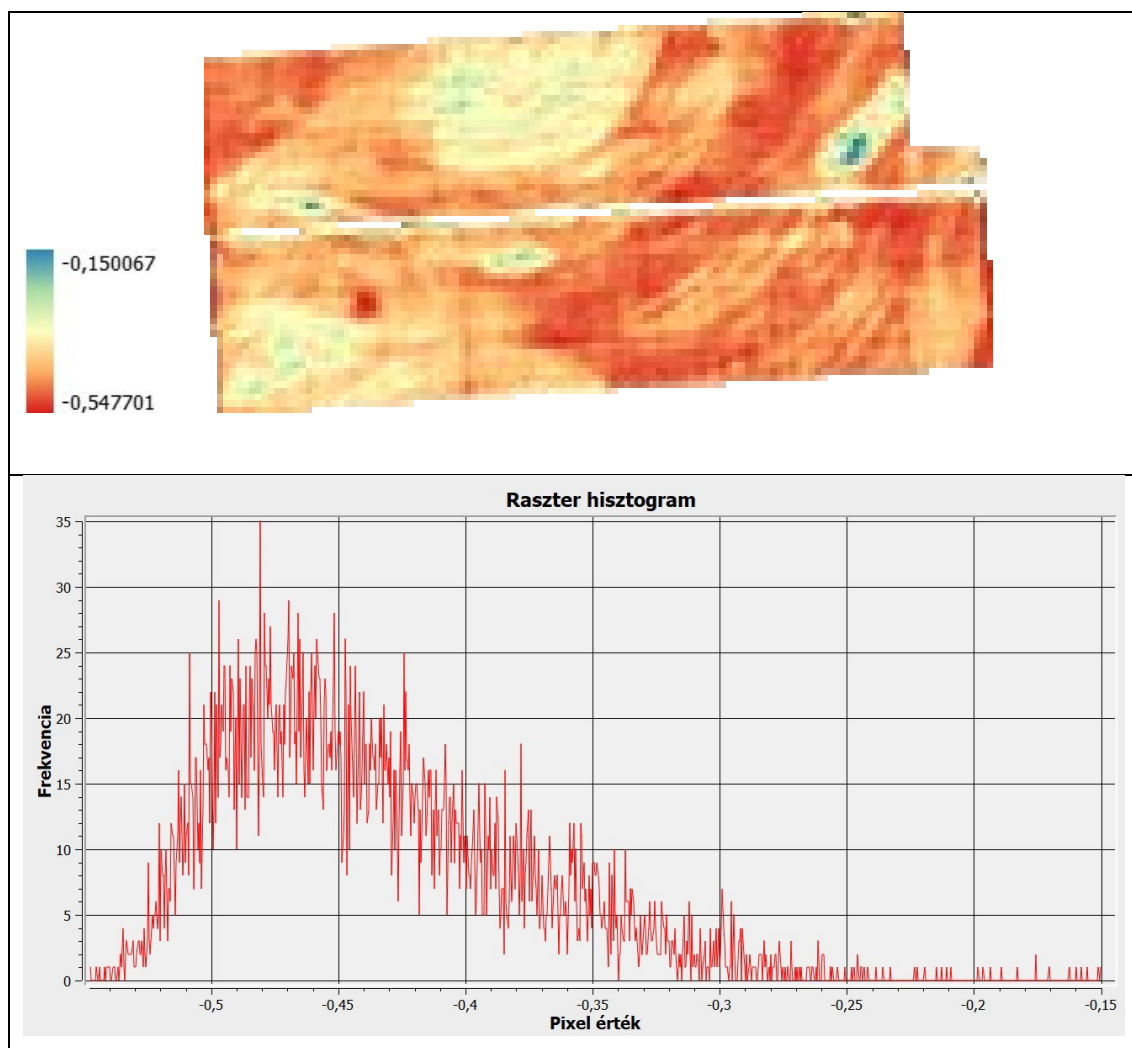
Csapadék vagy öntözés következtében, illetve a tenyészidőszak előrehaladásával egy viszonylag jónak mondható növényállapot jellemzi ezt az időszakot.



25. ábra NDVI index raszterképe és a hisztogramja **hibridkukorica** esetében, **2020.08.27**

Minimális érték: 0.243538	Maximális érték: 0.582983	Középérték: 0.436020
---------------------------	---------------------------	----------------------

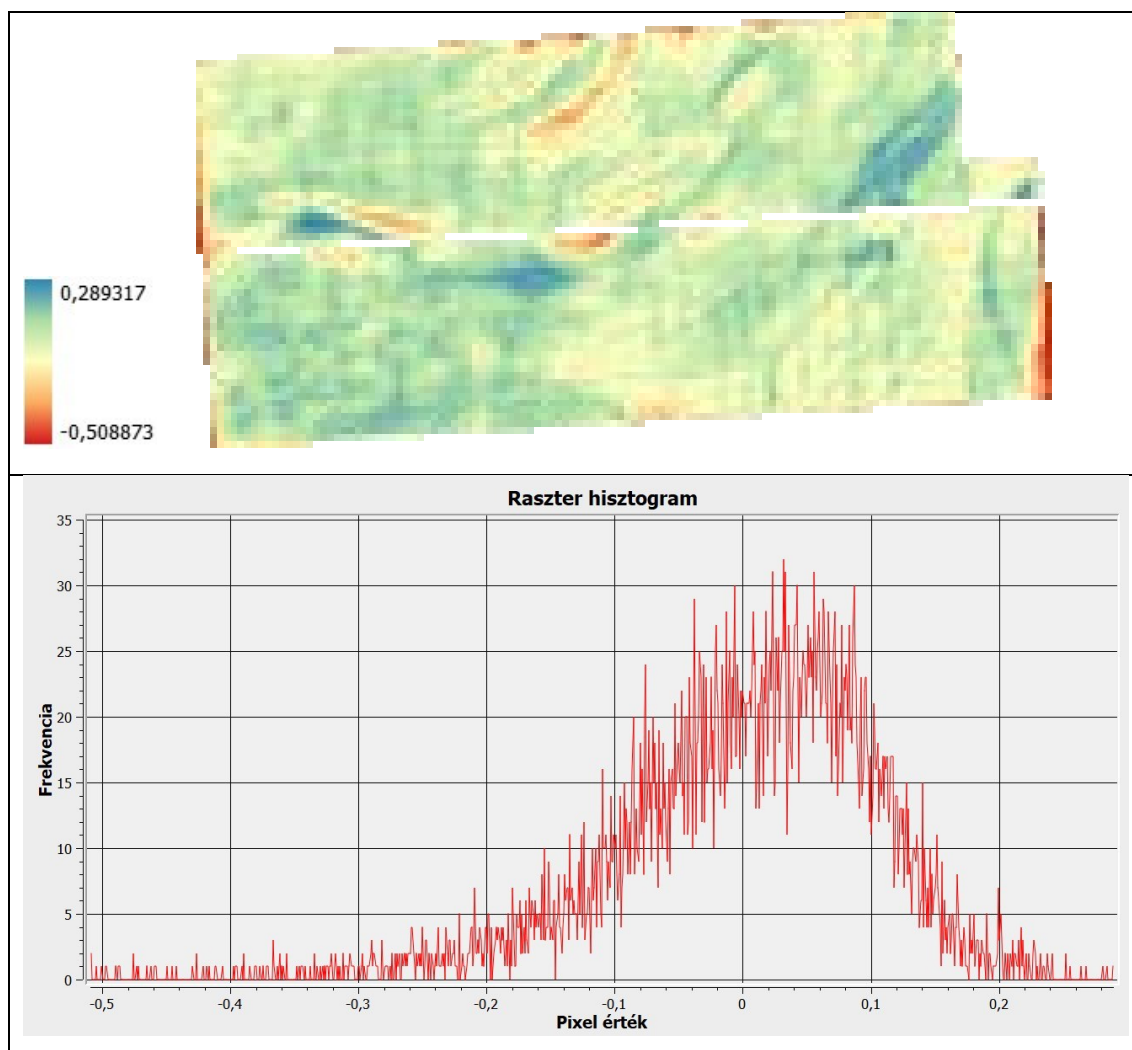
Jó-közepes állapot jellemzi a növényállományt. Jól látszanak a homokfoltok gyengébb részei. Érdekes, hogy a tenyészidőszak elején relatíve jobb növényállapotokat mutató talajfoltok itt „átfordulnak” és ekkor már a gyengébb kondíciójú növényzet lesz jellemző ezeken a helyeken.



25. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **hibridkukorica** esetében, **2020.06.28**

Minimális érték: -0.547701	Maximális érték: -0.150066	Középérték: -0.436795
----------------------------	----------------------------	-----------------------

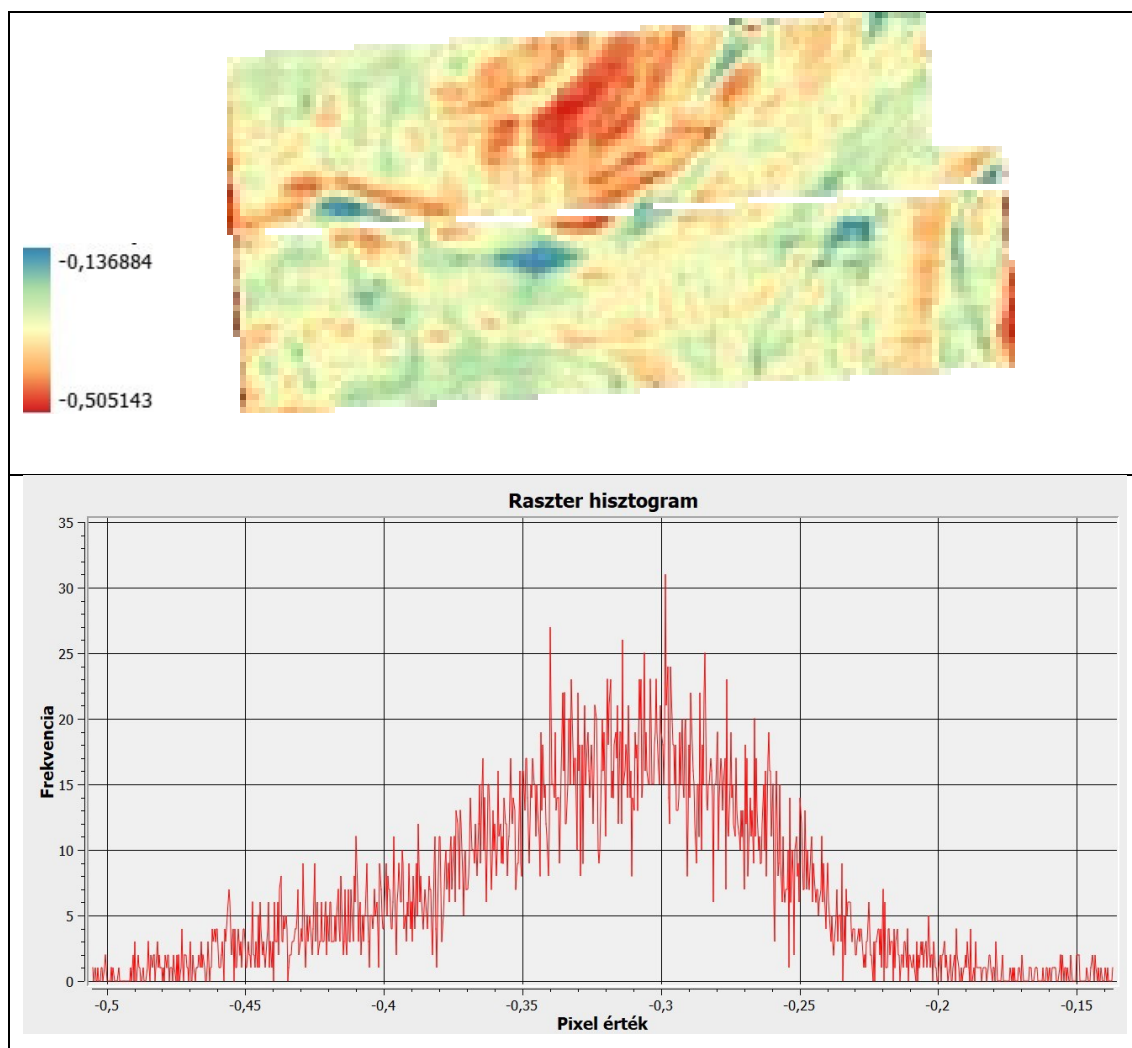
Ez az index sokkal hangsúlyosabban jeleníti meg a hibridkukorica egészségi állapotát az NDVI indexhez képest. A hisztogram görbe az alsó értékek magasabb előfordulását mutatja. Ilyen esetben nem feltétlen indokolt a WDRVI index vizsgálata.



26. ábra **WDRVI** index raszterképe és a hisztogramja **hibridkukorica** esetében, **2020.07.28**

Minimális érték: -0.508873	Maximális érték: 0.289316	Középérték: 0.001244
----------------------------	---------------------------	----------------------

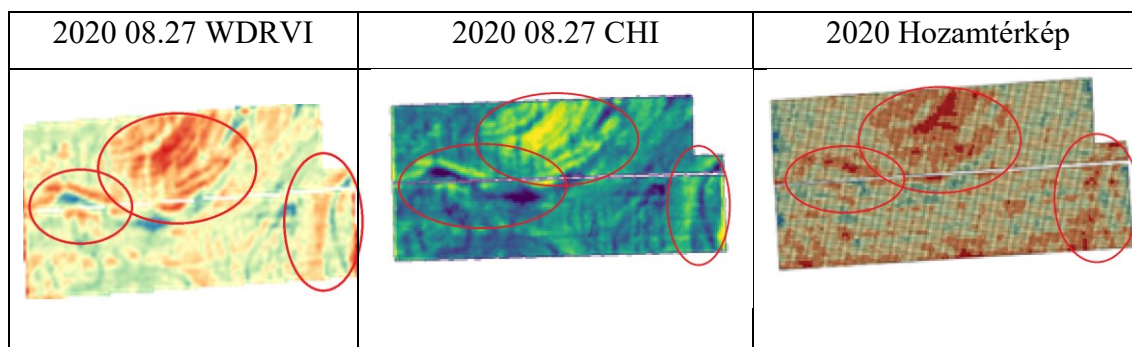
Ebben az időszakban a kissé jobb kondícióban lévő növényállapotot mutatja az „érzékenyebb” WDRVI index.



27. ábra WDRVI index raszterképe és a hisztogramja hibridkukorica esetében, 2020.08.27

Minimális érték: -0.505142	Maximális érték: -0.136884	Középérték: -0.322000
----------------------------	----------------------------	-----------------------

A tenyésztidőszak végéhez közeledő hibridkukorica egyre határozottabban mutatja az érés jeleit, megtartva a korábban tapasztalt talajszerkezeti struktúrának megfelelő heterogenitást.



28. ábra A 2020 év 08.27 napján készült WDRVI, CHI és a hozamtérkép (forrás: saját munka)

A 2020 év 08.27. napján készült számított indexek és a hozamtérkép értékei is jól láthatóan követik a talajszerkezetből adódó különbségeket. (28.ábra)

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A megfelelően eredményes és költséghatékony gazdálkodáshoz elengedhetetlen a mezőgazdasági területeink alapos ismerete. A technológia rohamos fejlődésével lehetővé vált a mezőgazdasági területekről napi szinten gyűjthető adatok rögzítése, elemzése és az adatokból képzett információ okszerű felhasználása.

A távérzékelési eszközökkel, műholdakkal, UAS rendszerekkel, helyszínen telepített szenzorokkal birtokunkba került információval, az azonnali döntéstámogató rendszerek alkalmazásával és ezeket kiegészítve a felhasználók szakértelmével, lehetőség nyílik a komplex adatok még hatékonyabb kiértékelésére és a döntéshozatal fokozott személyre szabására.

Az adott szántóföldi táblán három évben, három kultúrnövény, három különböző fenológiai fázisának megfelelő időpontjában rendelkezésre álló adatok alapján vizsgáltam a táblán belüli heterogenitást. Kíváncsi voltam, hogy a Corteva által a partnereket segítő agronómusok számára rendelkezésre bocsátott Crop Health Indexek folyamatos nyomonkövetésével lehetséges-e valamely fenológiai fázisban előre becsülni a várható termés hozamot. A vizsgálatához a 2020. évben betakarított hibridkukorica hozamtérképét is felhasználtam.

A vizsgálat nem terjedt ki az értékek számszerű elemzésére, nem vettem figyelembe a három év eltérő növényzetéhez kijuttatott tápanyagmennyiséget, öntözővíz

mennyiséget, azonban a három év mindegyik vizsgált fenológiai fázisában a növényzet állapota jól leköveti a talaj szerkezetéből, vízgazdálkodásából eredő különbségeket, jól mutatja az adott szántóföldi táblára jellemző állapotot.

A talaj eltérő szerkezetéből adódó változatos víz és tápanyag-gazdálkodás egyértelműen kihat a területen előállított kultúrnövény egészségi állapotára. Ezekről a különböző időpontban készített műholdfelvételek elemzésével, növényállapotra utaló indexek számításával és vizuális megjelenítésével bizonyosodhatunk meg.

A 2020. év növényállapotainak vizsgálata valamint a 28. ábrán látható hasonlóság alapján és ahogy a hozamtérkép leköveti a három év mindegyik vizsgált időszakára jellemző talajszerkezeti struktúrát, azt lehet mondani, hogy a Crop Health Indexek, illetve a hasonló vizuális eredményt adó WDRVI index folyamatos nyomonkövetése, kiegészítve a helyszínen telepített szenzoros adatrögzítésből származó adatokkal, folyamatos és naprakész információt adhat a partner számára, akinek a rendelkezésre álló információk alapján és a saját mezőgazdasági területének ismeretével lehetősége van az esetleges azonnali beavatkozásra, például az öntözés megindításával, növényápolási tevékenységgel.

Úgy gondolom, hogy talán több év még több időpontban végzett vizsgálatával lehetne találni egy olyan állapotot és egy olyan vizsgálati módszert (többféle vegetációs index számítása) ami pontosan előrejelezheti a várható terméshozamot.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A Corteva Agriscience az elmúlt időszakban nagy hangsúlyt fektetett a digitalizációra. A termelésben dolgozó agronómusok és a vetőmag előállítást végző partnerek munkájának segítésére a rendelkezésre álló digitális eszközök alkalmazásával az azonnali döntéshozatal lehetősége egyre inkább elérhetővé válik.

Dolgozatomban a Dráva folyó mellett elhelyezkedő Felsőszentmárton határában gazdálkodó Dráva-Agro Zrt. hibridkukorica táblájának tenyésztidőszakon belüli növényfejlődését, a táblán belüli heterogenitását vizsgáltam Sentinel-2 műholdfelvételek elemzésével. A vizsgálatához a VARI, NDVI és a WDRVI indexek értékeit számítottam ki és jelenítettem meg raszteres formában a tenyésztidőszak három – egy korai,

középidejű, és egy kései – fázisában három egymást követő évre vonatkozóan. (2018, 2019 és 2020) A 2020. évben hibridkukorica előállítás történt, ehhez rendelkezésre álltak a Corteva által szolgáltatott Crop Health Indexeket leképező növényállapot képeinek idősoros képei és a betakarítást követően a hozamtérkép.

Arra voltam kíváncsi, hogy a rendelkezésre álló adatok (CHI) folyamatos nyomonkövetésével lehet-e következtetni a későbbi hozamra. A WDRVI index számítása hasonló vizuális eredményeket mutatott mint a CHI amely szinte naprakész információt ad az adott vetőmag előállító tábláról.

A vizsgálat nem terjedt ki az értékek számszerű elemzésére, nem vettem figyelembe a három év eltérő növényzetéhez kijuttatott tápanyagmennyiséget, öntözővíz mennyiséget, azonban a három év mindegyik vizsgált fenológiai fázisában a növényzet állapota jól leköveti a talaj szerkezetéből, vízgazdálkodásából eredő különbségeket.

A 2020. évben a hozamtérképet összevetve a számított indexekkel, elmondható, hogy a CHI és a WDRVI indexek folyamatos nyomonkövetésével lehet következtetni a várható hozamra.

7. SUMMARY

Corteva Agriscience has recently placed great emphasis on digitization. By using the available digital tools to assist the work of agronomists working in production and seed production partners, the possibility of immediate decision-making becomes more and more available.

In my thesis, I investigated the plant development within the growing season and the heterogeneity within the the hybrid corn field of Dráva-Agro Zrt., located on the border of Felsőszentmárton next to the Dráva River, by analyzing Sentinel-2 satellite images.

For the study, I calculated and displayed the values of the VARI, NDVI and WDRVI indices in raster form in the three phases of the growing season – one early, one middle, and one late – for three consecutive years. (2018, 2019 and 2020)

In 2020, hybrid corn was produced, for which time series images of the Crop Health Indexes provided by Corteva and the yield map were available.

I was wondering if it is possible to infer the future yield by continuously monitoring the available data (CHI). The calculation of the WDRVI index showed similar visual results as the CHI, which provides almost up-to-date information about the field producing the seed.

The study did not include a numerical analysis of the values, I did not take into account the amount of nutrients applied to the different vegetation of the three years, the amount of irrigation water. However, in each of the phenological phases of the three years examined, the condition of the vegetation closely follows the differences resulting from the soil structure and water management.

By comparing the yield map with the calculated indices in 2020, it can be said that the expected yield can be deduced by continuously monitoring the CHI and WDRVI indices.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] BUSICS GY. (2011): Műholdas helymeghatározás, Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
- [2] DEÁKVÁRI J. – MILICS G. (2013): AGRÁRTÉRINFORMATIKA, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár
- [3] GITELSON A. (2002): "Vegetation and Soil Lines in Visible Spectral Space: A Concept and Technique for Remote Estimation of Vegetation Fraction." International Journal of Remote Sensing 23: 2537–2562. VARI index)
- [4] GITELSON A. (2004): Wide Dynamic Range Vegetation Index for Remote Quantification of Biophysical Characteristics of Vegetation, Journal of Plant Physiology, Volume 161, Issue 2, Pages 165-173
- [5] HUNYADI K. – BÉRES I. – KAZINCZI G. és mtsai, (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- [6] KÁDÁR A. (1982): Gyomirtás, vegyszeres termésszabályozás, Mezőgazdasági Kiadó, 1983
- [7] MÁRKUS B. (2010): Térinformatikai ismeretek 1., Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
- [8] MENYHÉRT Z. – CSÚRNÉ V.A. (2004): Adalékok a kukoricatermesztés alapjaihoz, Gyakorlati Agroforum Extra 5. p. 3-11.
- [9] MENYHÉRT Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- [10] NOVÁK R. – DANCZA I. – SZENTEY L. – KARAMÁN J. (2009): Magyarország szántóföldjeinek gyomnövényzete. Ötödik országos gyomfelvételezés (2007-2008) FVM, Budapest
- [11] STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY (1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- [12] SZABÓ J. et al. in NÉMETH T. – NEMÉNYI M. – HARNOS ZS. (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana, MTA TAKI, Szeged
- [13] SZÉLL E. (1994): A kukorica vetőmag termesztés hibridspecifikus technológiájának kidolgozását szolgáló agrotechnikai kísérletek rendszere. Kandidátusi értekezés, Szeged

- [14] SZÉLL E. in IZSÁKI Z. – LÁZÁR L. Szerk. (2004): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- [15] TAMÁS J. (2002): Precíziós mezőgazdaság, Szaktudás Kiadó Ház ZRt., Budapest, <http://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/8484> (2023.12.10)
- [16] VERŐNÉ W.M. (2011): Fotointerpretáció és távérzékelés 1., Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
- [17] <http://www.nimfea.hu/drava/ha/4/4in.htm> (2023.12.10)
- [18] <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndvi/> (2023.12.10)
- [19] <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/copernicus/sentinel-2> (2023.12.10)
- [20] <https://support.insights.granular.ag/hc/en-us/articles/360035214071-What-is-the-difference-between-NDVI-and-WDRVI-> (2023.12.10)
- [21] NÉMETH T. (2014) Precíziós növénytermesztés, p. 47-48.
<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2013/03/szantofold/precizios-novenytermesztes-i-resz> (2023.12.10)
- [22] <https://www.corteva.hu/media-kozpont/a-corteva-agrisciences-magyarorszagon-corteva-agriscience.html> (2023.12.10)
- [23] <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/nepesedesi-vilagnap-2023/index.html> (2023.12.10)