



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

Szakdolgozat

Talajművelési technológiák közötti különbségek kimutatása növénymonitoring eredményei alapján

OE-AMK

Hallgató neve:

Mikó József

2023

Hallgató törzskönyvi száma:

T000874/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Mikó József

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000874/F112904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Talajművelési technológiák közötti különbségek kimutatása növénymonitoring eredményei alapján

A dolgozat címe angolul: Demonstration of differences between tillage technologies based on results of plant monitoring

A feladat részletezése:

1. Szakirodalmi áttekintés, különös tekintettel a talajművelési technológiákra
 - különböző technológiák összehasonlítása, különös tekintettel a forgatásos és forgatás nélküli technológiákra
 - növénymonitoring lehetőségek irodalmi feldolgozása.
2. Hipotézis felállítása, valamint a két alapvető talajművelési technológia - forgatásos és a forgatás nélküli - közötti alapvető különbségek bemutatása.
3. Mintaterület bemutatása
4. Felhasznált adatok és feldolgozási módszerek bemutatása.
5. Elemzés eredményeinek összefoglalása.
6. Következtetések levonása és javaslattevés.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



[Signature]

Intézetigazgató

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

[Signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2022.12.04.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Bevezetés	2
Dolgozatom célja	4
Szakirodalmi áttekintés	5
Talajművelési technológiák.....	5
Forgatásos talajművelés	5
Forgatás nélküli technológiák	6
A talajművelési technológiák közötti különbségek bemutatása	9
Növénymonitoring lehetőségek	11
Műholdas távérzékelés.....	11
Légi és földközeli módszerek.....	13
Anyag és módszertan	14
Mintaterületek bemutatása	14
Használt növénymonitoring módszer.....	16
Kisparcellás vizsgálat.....	19
Táblaszintű vizsgálatok.....	26
Forgatásos talajművelés, szántás.....	26
Forgatás nélküli talajművelés vizsgálata.....	31
Középmély-lazítás.....	31
Gruberrel végzett min-till.....	36
Termés eredmények	41
Következtetések	42
Javaslattevél	43
Köszönet nyilvánítás	44
Összefoglaló.....	45
Irodalomjegyzék.....	49

Bevezetés

A XX. században a mezőgazdaság az informatika hatására robbanásszerű fejlődésnek indult és napjainkra már az egyik húzó ipari ágazattá vált a világon. A világ mezőgazdasági termelése a nap-nap utána határait feszegeti, annak érdekében, hogy a népesség növekedéssel szemben, folyamatosan megfelelő alapanyagokat állítson elő az élelmiszeripar számára, illetve a haszonállattartás számára, aminek következő felhasználója szintén az élelmiszeripar. A mezőgazdasági termelést leginkább befolyásoló tényezők, mint az időjárás és a munkaerőhiánya, szükségszerűvé tette a fejlődést, hogy a szélsőséges időjáráshoz és éghajlati adottságainkhoz alkalmazkodhassunk. Azokban az időkben, amikor még az informatika nem állt ilyen módon rendelkezésünkre a határszmlék voltak az egyetlen lehetőség arra, hogy figyelemmel kísérjük a termelést, úgymond, monitorozást végezzünk a területeken, ahol növénytermesztést végeztünk. Ahogy fejlődtek a technológiáink, mind az informatikában és az agráriumban, nagyobb terméspotenciál, jobb készítmények, akár kémiai vagy biológiai, a precíziós technológia megjelenése. Ezzel a fejlődéssel szemben korlátozások és a gazdasági problémák jelentek, készítmények engedélyének bevonása az EU-ban, a termés árak csökkenése, az input-anyagok árának növekedése. Ezekhez mind alkalmazkodnia kell a mezőgazdasági termelőknek.

A precíziós gazdálkodás lényege nem csak abban rejlik, hogy csak megvásároljuk a sorvezetőt vagy szakaszolható szántóföldi permetező, hanem abból, hogy az általunk gyűjtött adatokat, a talajról, a növényzetről, vagyis a számunkra rendelkezésre álló és elérhető adatokat értelmezni tudjuk és azokat, hogyan hasznosítjuk, hogy a rengeteg befolyásoló tényezőhöz alkalmazkodni tudjunk.

Napjainkban a legkönnyebben ehhez az adatgyűjtéshez még a legtöbb esetben Magyarországon továbbra is a humán erőforrásra támaszkodnak, ezek a határszmlék. Ezekre a határszmlékre természetesen szükség van, mert pontosan, mint az adatok értelmezéséhez és felhasználásukhoz is elengedhetetlen a megfelelő szaktudás és

tapasztalat. Hiszen megfelelő előképzettség és tapasztalat nélkül, amit látunk egy adatbázisban, például egy NDVI-t, talajvizsgálati eredményt vagy egy hozamtérképet vizsgálva, csak akkor találhatunk megoldást a problémákra, ha a helyszínt, a termelési környezetünket is megvizsgáljuk.

A monitoring az egyik legkényelmesebb és talán legkézenfekvőbb megoldás arra, hogy a szinte a legpontosabb adatokat gyűjthessük a számunkra. Ehhez már ingyenesen is hozzáférhetünk. Mivel a műhold képeket ingyenesen letölthetjük az internetről és használhatunk ingyenes képfeldolgozó szoftvereket, ahhoz pontos képet kaphassunk a területeink állapotáról és ehhez mérve hozunk döntéseket a termelésünket illetően.

Ezek a döntések a legtöbb esetben, akár radikális változásokat is hozhatnak egy termelő életében. Ilyen például egy talajművelési művelési technológia megváltoztatása. Minden napjainkban létező talajművelésin technológiának van létjogosultsága. A leginkább elterjedt forgatásos talajművelés, melynek alapeszköze az eke, még mindig a leghasznosabb, ha egy olyan területet művelünk, melyen tarló állapotban a gyomok felszaporodtak és mellettük óriási szártömeg található még. Egyre kezd népszerűbb lenni a gazdák körében a forgatásos talajművelésről történő váltás forgatás nélküli talajművelésre. A forgatás nélküli talajművelésben a forgatásossal szemben nem cseréli fel az alsóbb talajszinteket és forgatja a felszínre a termőréteget, ez az alapja mindennek, az egyéb pozitívumok már ebből következnek, például a talaj lehető legkevesebb bolygatása, hiszen minél többet bolygatjuk a talajt, úgy annál jobban képes veszíteni a nedvességéből, annál többször végzünk rajta munkát 7-12 tonnás gépekkel, ezáltal tapossuk, így anaerob környezetet hozunk létre és a kapillárisokat is elzárjuk, amin keresztül a növényzet hozzáfér a talajban rejlő nedvességhez, illetve a talajra érkező csapadék is a talajunkba juthat, ezzel elkerülve a belvíz problémáit.

A forgatás nélküli talajművelésnek több változata is létezik a világban, MIN TILL, STRIP TILL, NO TILL. Ezekre a technológiákra történő átálláshoz, olykor beruházásokra is van szükség, némelyiknél igen költséges beruházásokra, emellett az új technológia lépéseit, elemeit a dolgozóknak is meg kell érteniük és tudniuk kell

használniuk. Ezért ez egy többrétű folyamat, melynek hatásait, nem minden esetben érezhetjük már azonnal és a legtöbb esetben nem is érezzük, hanem akár 3-5 évbe is telik, mivel a talajéletet aktivitásának növelése és annak megtartása is egy folyamat.

Dolgozatom célja

A forgatásos és forgatás nélküli talajművelési technológiák össze hasonlításával a növényzet különböző fenofázisaiban készült műhold felvételekből származtatott NDVI képek segítségével kideríteni, hogy melyik technológiával lehet akár a legköltséghatékonyabb, a talajművelésre koncentrálva, illetve melyik technológia a eredményes a talajaink megóvásában.

Szakirodalmi áttekintés

Talajművelési technológiák

A talajművelés vagy alpművelés a talaj rendszeresen művelt rétegeiben elvégzett munkafolyamat. Ennek célja, hogy ezekben a rétegekben az általunk termesztetni kívánt növény igényeinek megfelelő talajállapotot, környezetet biztosítsunk, amíg a növény a területen tartózkodik.

Forgatásos talajművelés

Az 1800-as évek végen elterjedt talajművelési technológia a mélyszántás térhódítása a gőzekének megjelenésével kezdődött. *(Birkás M. 2003a)*. A szántás egy megbízható, régóta használt talajművelési eljárás, melyet számos helyen használnak. Az ekével végzett munkafolyamat után a terület tartlómaradványoktól és gyomoktól mentes felszint hagy maga után, amely alkalmas lehet akár már a magágykészítésre is. Az ekével munka során a talajba húzott barázdába kerülő talajszelet kifordítása történik, így beforgatva a talajon maradt gyomokat és tartlómaradványokat.

A szántás korai sikereit követően 70-75 év múlva, azonban már kiderültek a hátrányai és káros hatásai, úgymint a tömörödés, a szervesanyagcsökkenése, a talajélet leromlása, a szerkezet károsodás. A szántás a mai nap egy elterjedt technológia, azonban alkalmazkodni kell az időjáráshoz, mivel már nincsenek olyan hideg telek, hogy a szántásból visszamaradó hantok a fagy hatására szétessenek és a szántott területet akár 20 centiméteres hó borítsa, ezzel megőrizve a nedvességet és óvja a párolgástól, így a szántást is követnie kell megfelelő elmunkálásnak, simítóval, hogy lezárjuk, így kíméljük és megóvjuk. *(Birkás M. 2003b)*

A szántás, vagyis a hagyományos művelés alapjai, hogy magas a menetszám, akár 6-10 munkamenet, az időigénye magas, ami szintén egy kockázati tényező ebben az ágazatban, nagy energiaigény is jellemzi, amivel kedvezőtlené tehetjük a talajállapotot.

Sokáig ugyanazon a mélységben művelt talaj alatt talpréteg alakulhat ki, ami meggátolja a víz és levegő áramlását és ez a talajélet pusztulásához vezet. *(Sípos G. 2005)*

Forgatás nélküli technológiák

Forgatás nélküli technológiák alapjaiban különböznek a szántástól, hiszen ahogy a nevéből is adódik, itt nem történik forgatás. Ennek következtében csökkenthetjük a munkamenetek számát, így a költségeink csökkenését érhetjük el, továbbá ezeket a művelési módokat tartják talajkímélő művelésnek.

MIN TILL technológia

A MIN TILL vagyis minimum tillage lényegében azt jelenti, hogy lehető legkevesebb munkamenettel végezzük a talajművelést vagy több munkamenetet végzünk el egyszerre.

A legkisebb bolygatással elért eredményeik kimutatják, hogy a talaj nedvességtartalma és szerkezete is jobb a forgatásos talajműveléssel szemben, mivel nincs forgatás, így a mélyebb talajrétegekben elérhető maradt a növények számára talajnedvesség és a talajélet is nagyobb aktivitás mutat. *(Madarász B. 2015)*

Ennek a művelési technológiának az eszközei már nagymértékben elérhető a jelenlegi piacon. Ehhez szükséges munkaeszköz térhódításában nagy szerepet játszanak a rövid- és kompakt tárcsák, a sok fejlesztést végeznek a szántóföldi kultivátorokon, illetve a kombinált eszközökön *(1.kép)*. A kombinált eszközök között nem csak az alapművelést lehet elvégezni egy munkamenettel, hanem már vetőgépet és műtrágya kijuttatókat is szerelnek ezekre az eszközökre. *(Hajdú 2015)*

A minimális talajművelési rendszerek alternatívát jelentenek a hagyományos talajművelési rendszerre, mivel a talajmegőrzés talajjellemzőkre gyakorolt hatásuk és a

biztosított termésmennyiség miatt. a fizikai, hidrofizikai és biológiai tulajdonságok javulása, a talaj biológiai tulajdonságait, valamint a talajszerkezet és a talajminőség újjáépülését figyelték meg, emellett a talaj vízáteresztő képességének növekedését figyelték meg. (Teodor R. 2009)



1.kép: MAAG FUTURE vontatott 3,2-6,2 m szupernehéztárcsa mélylazító kombináció (web3)

NO-TILL technológia

A NO-TILL, vagyis a művelés nélküli vetés, amely kíméli a természeti erőforrásokat, például a talajt és a vizet, és csökkenti a vetés költségeit a mezőgazdasági termeléshez szükséges inputokat, egyre inkább alkalmazott módszerré váltak a hagyományos talajművelési rendszerek mellett, beleértve a szántást is. A hagyományos talajművelési rendszerek a mediterrán, a szubtrópusi és trópusi régiókban, valamint az intenzív talajművelés mellett alkalmazása a talaj degradációjához és a növénytermesztés hatékonyságának csökkenéséhez vezet. Ez szegénységhez és a gazdálkodók vidéki területekről való elvándorlásához is vezet. Ha esélyt akarunk adni a gazdáknak a gazdálkodás folytatására és ha biztosítani akarjuk a fenntartható mezőgazdasági termelést, akkor a földhasználati és gazdálkodási módszereket a következőkre kell szabni, felül kell vizsgálni és javítani kell, valamint új vagy modern művelési rendszereket kell alkalmazni. A talajművelés nélküli művelés az a gyakorlat, hogy a vetés előtt soha nem

történik talajművelés. A talajművelés nélküli talajművelés lényege, hogy biztosítja a talajfelszínt tarlómaradványokkal borítsa. (Davut K. 2018)

A no-till technológiában a közvetlen vetőberendezés a műtrágyát és a vetőmagot közvetlenül a növényi maradványokon keresztül helyezi el, úgynevezett direktvetőgép segítségével (2.kép), míg a hagyományos technológia a vetés előtti szántást és a magágykészítést foglalja magában. Ezzel már több munkamenetet is megspórolhatunk, emellett a talajok bolygatásának mellőzésével, hozzájárultunk a talajnedvesség megőrzéséhez, ami akár a kritikus aszályos időszakokban a termesztés sikerét jelentheti, illetve megmentheti azt öntözetlen körülmények között. (Jussi L. 2004)



2.kép: Vaderstadt Rapid 800S direktvetőgép (WEB4)

STRIP-TILL technológia

A STRIP-TILL, vagyis sávos művelést (3.kép) is a talajvédő és talajkímélő művelési technológiákhoz sorolják, ami nem is meglepő, mivel ezeknek a művelési technológiáknak az alapfeltétele a megfelelő tarlógazdálkodás. A sávos művelés legnagyobb előnyei közé tartozik, hogy nem az egész területet veszik művelés alá, hanem kb. 40%-ot, a sorok, vagyis a sávok, melyek 30 centiméter szélesek, azok között pedig takaró növényzet vagy tarlómaradvány van, így megőrizhetjük a talajnedvességet, mert van egy állandó fedés, illetve a gyomelnyomóképességet kihasználva kedvezhetünk a természetnek kívánt növényünk számára. (Jóri I. 2013)

A sávos művelésben csakis azokat a sávokat művelik, ahova a vetés során a növény kerül, a sorközök bolygatatlanul maradnak, ezzel a kötöttebb talajok hozam-maximalizálásában nyújt segítséget. (Kökény A. 2023)



3.kép: MAAG COMBI STRIP Strip Till sávművelő eszköz (WEB5)

A talajművelési technológiák közötti különbségek bemutatása

A szántás, mint forgatásos talajművelési technológia, minden a talrlón található növényi maradványt és gyomokat a nevéből adódóan beforgat a talaj mélyebb rétegeibe. Ezzel a technológiával a felszínre kerülő alsóbb talajszint vagy talajszintek, amelyek nyirkosabbak a talajban rejlő nedvesség miatt, egy könnyebben művelhető talajt hozunk a felszínre, azonban ezzel az eróziót is elősegítjük. Az talajeróziójához ezzel úgy járunk hozzá, hogy a szervesanyagban, nedvességben gazdagabb szinteket a felszínre forgatva kitevesszük a napsütésnek, szélnek. Ezek hatására a nedvesség gyorsabban elpárolog, kiszárad a talajunk és a ha a nedvességet kivettük ebből a rendszerből, akkor az élet is megszűnik benne és a számunkra hasznos mikroorganizmusok elpusztulnak, így nem lesznek a növényi maradványok lebontását végző baktériumok a segítségünkre, hiszen a talrló maradványokban rejlő tápanyag érték, nem csak a talajélet szempontjából,

de gazdasági megfontoltságból is (*1.táblázat*). Ezeknek a tápanyagoknak a megfelelő feltáródásához szükség van a talajélet megtartására. (*Birkás M. 2003b*)

	Napraforgó (2,4 t /ha termés)
	kg/ha
N	80
P ₂ O ₅	50
K ₂ O	210

1.táblázat Napraforgó szármaradványaiban rejlő tápanyag (web1)

A zero vagy no tillage, amikor semmilyen talajművelést nem végzünk az adott területen. Ezzel valóban a lehető legkisebb a bolygatás. Ez az irány az 1900-as években kezdett kialakulni Campbell segítségével, aki már akkor nagy hangsúlyt fektetett a talajvédelmére és közel fél évszázadon keresztül kutatta ezt a területet. (*Campbell H. 1907*). A no tillage vagy művelés nélkülin technológiával, azonban veszélyeztetjük a talajunkat oly módon, hogy amikor nem végzünk rajta művelést, csak vetést a tarlóba, a fennmaradó növényi részek továbbra sem kerülnek vissza a rendszerbe, ahol hasznos tápanyaggá válnának a következő gazdasági növényünk számára. A növényi részeken, a tarlót alkotó szárazon keresztül pedig továbbra is képes párologni a talajban rejlő víz és a művelés nélkül tömörödést fogunk tapasztalni, ami levegőtleníti a talajunkat, illetve az emiatt elzáródott kapillárisokon keresztül már nem fog a növény gyökérzete vízhez jutni.

A minimum tillage, a műveletek csökkentésével és a különböző munkafolyamatok összekapcsolásával elérhető a talajélet megtartása, annak javítása és minden lehetőségünk kihasználása. Hiszen amúgy a no tillage technológiával szemben van művelés, a szántással szemben pedig nincs forgatás, így megóvhatjuk a talajainkat. Ezekkel az eszközökkel akár egy menetben elvégezhetjük a tarlókántást és annak lezárást, akár a vetést, így egy munkamenettel 2-3 olyan alkalmat spóroltunk meg, ahol taposunk a talajainkat és mégis a talajba kevertük a szármaradványokat, ezzel kihasználhatjuk a fennmaradó tápanyagokat a tarlókezelést is megoldottuk (*Tzirka I. 1992*).

A strip tillage-et, vagyis a sávós művelést én a minimum tillage egyik módjához sorolnám, mivel ennél a technológiánál a sávokat úgy alakítják ki, hogy ezekben azzal az egy eszközzel segítségével egyszerre nyolc műveletet végeznek. Ennek az alkalmazásával rengeteg munkamenet költség spórolhatjuk meg és kímélhetjük a talajaink épségét, azonban ezeknek az eszközöknek a beszerzése is költséggel jár, talán a forgatás nélküli talajművelési módok közül a legdrágább beruházás, de a megtérülése is gyorsabb. Ezt a technológiát a közepes és nagy gazdálkodók köreiben érdemes kihasználni. (*John M. 2002*)

Növénymonitoring lehetőségek

Az területeinket érintő környezeti változások, leginkább a melegedés, csapadékviszonyok változása, valamint a levegőben növekvő koncentrációja a széndioxidnak, ezek mind monitorozható adatok, mivel mind befolyásolják a fotoszintézis mértéket. (*Cleland E. 2007*).

Műholdas távérzékelés

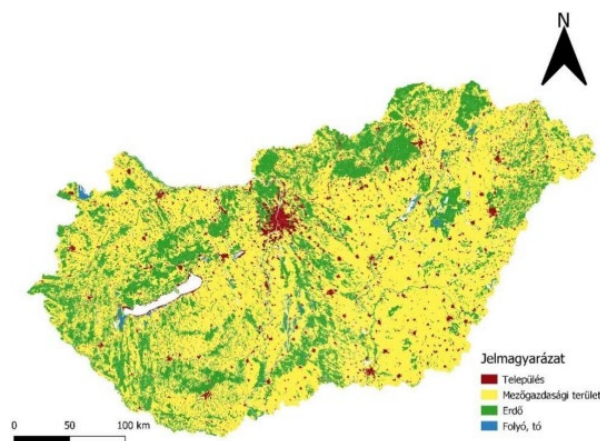
Azokra a területekre, ahol nagyobb térséget szükséges lefedni a fenológiai vizsgálatunk érdekében, a legmeghatározóbb eszköze jelenleg a passzív műholdas távérzékelés, amelynek segítségével térben és időben akár folyamatosan mért adatokat képes szolgáltatni számunkra. Ennek az eszköznek a használatában is vannak akadályozó tényezők, mert a felhőborítottság befolyásolja az adatszolgáltatást, így az ilyen időjárási viszonyok közt mért adatok nem értékelhetők. Ezen körülmények ellenére a műholdas távérzékeléssel hozzájutunk egy olyan páratlan lehetőséghez, aminek segítségével akár globális szinten is végezhetünk méréseket, illetve megfigyeléseket. A méréseinkből származtatott adatok segítségével, hozzájuthatunk vegetációs indexekhez, melyek alkalmazásával pontos képet kaphatunk a szélsőséges időjárás által a növényzetre gyakorolt hatásairól. Ezentúl a növényzet fejlődésében és a meteorológiai feltételek közötti kapcsolatok között is vizsgálhatunk összefüggéseket.

A műholdas távérzékelés szempontjából használt műholdakat (Magyarország esetében a Sentinel 2 (4.kép), olyan érzékelőkkel látták el, melyeket csoportosítva aktív és passzív működésük szerint a földfelszínéről visszaverődő a Nap által kibocsátott sugárzást képesek vizsgálni, akár az emberi szem számára nem látható infravörös tartományban. (Molnár T. 2019).



4.kép A Sentinel 2 műhold képe (web2)

Magyarország mezőgazdasági területe az ország nagy részét elfoglalja, így a terepi vizsgálatokat kiváltó műholdas távérzékelésre irányuló monitoring egy olcsó és kézenfekvő megoldást biztosíthat a termelők számára, (5.kép)



5. kép: Magyarország földhasználati térképe Corine Land Cover (2012) térképen

Légi és földközeli módszerek

Nem csak a műholdas távérzékelés van segítségünkre a precíziós gazdálkodásban adatok gyűjtésére, hanem sok más földközeli vagy légi eszközt használhatunk. Földközeli eszközt használhatunk a növényzet lombjáról a talajra vetülő árnyékok mértékére centométerrel, a termesztett kultúránk lombozata között mérhetjük a fényminőségét hordozható spektrométerrel, továbbá a lombozatban ugyanúgy mérhetünk mikroklimatikus tényezőket különböző érzékelőkkel. A légi módszerek pedig a drónok állnak rendelkezésünkre, melyek jobb felbontásban szolgáltathatnak képeket a számunkra, illetve multispektrális kamerákkal felszerelve már az emberi szem számára nem látható infravöröstartományban is végezhetünk velük adatgyűjtéseket. *(Keresztes G. 2017)*

Anyag és módszertan

Mintaterületek bemutatása

A vizsgálataim helyszíne Somogy-vármegyében Várda és Somogyjád külterületén foglaltak helyet. Somogyjádön egy 4,1 hektáros területen került kialakításra egy kispárcellás 2,8 hektáros terület, ahol közvetlenül egymás mellett történtek a különböző talajművelési módok összehasonlítása a táblaszintű kísérleteket megelőző 2021-es évben. Erre a kialakításra azért volt szükség, mert a tábla szélein más viszonyok uralkodnak, mint a tábla közepén, több taposás éri a talajt a forgókban, a széleken a gyomosodás mindig nagyobb részben van jelen, illetve a tábla végében egy enyhébb lejtő található, így azt mindenképpen ki akartuk hagyni, hogy sík területen tudjunk dolgozni és a termelő fókuszában a termés hozam volt a mérvadója ennek az összehasonlításnak. A táblaszintű vizsgálatokhoz az 2022-es évet két indokból nem vettük mérvadónak a gazdálkodókkal. Az első indok a különböző kultúra, mivel a kispárcellás esetben szemes kukorica volt a termesztett a kultúra, viszont az általam vizsgálni kívánt területeken a 2022-es évben őszi búza. Ahhoz, hogy pontosabb képet kapjak, mindenképpen ugyanazt a kultúrát kívántam vizsgálat alá vetni, viszont a gazdálkodókat nem véltem helyesnek növényvédelmi szempontból kitenni annak a veszélyeinek, hogy két egymást követő évben is ugyanazt a kultúrát termesszék a területeiken. A második indok a rendkívüli aszály volt. Ezen okokból kifolyólag a 2023-as évben került sor a táblaszintű kísérletre. Az igénybe vett táblák mérete kb. 20 hektár. A táblaszintű kísérlethez a no-till technológia használatához nem sikerült olyan gazdálkodót találnom, aki vállalta volna ennek a módszernek a veszélyeit, így a táblaszintű összehasonlításban az sem szerepel.

A kispárcellás kísérlet alkalmával elvégzett talajművelési módok közül a forgatásos talajművelés, tehát szántás 30 centiméteres mélységben, forgatás nélküliek közül pedig a nehéz kultivátoros művelés szintén 30 centiméteres mélységben, középmély-lazítás 45 centiméteres mélységben és a direktvetés foglaltak helyett. A sávos művelés nem kapott helyet a kispárcellás összehasonlításban, mivel nem volt lehetőség

ennek a művelési mód alkalmazására, ezért ezt a technológiát az összehasonlításból ki is vettem.

A Dél-dunántúli régióra jellemző talajtípus található ebben térségben, Az erre jellemző típus az agyagbemosódásos barnaerdő talaj. A kísérletet megelőzően a gazdálkodó végzett egy szemrevételezést 2019-es évben. amelyben kiásott egy nagyobb darabot a földről, hogy pontosabb képet kapjon a termőrétegről. Az 6. képen jól kivehető, a termőréteg koncentrációja a talaj felső részének 40 centiméteres szakaszában. Ez arra enged következtetni, hogy a művelt rétegnek megfelelő a vízmegtartó képessége, humusztartalma és tápelemtartalma. Az X ÁBRÁN továbbá, jól látható a lemosódási szint, amelynek a tápanyag megkötésben nincs szerepe. Tovább vizsgálva a szelvényt látható, hogy rengeteg gilisztajárat van, ez arra enged következtetést, hogy a talajszerkezete is kielégítő, illetve a levegőzőttsege is megfelelő, vagyis ezeknek az egyedeknek tökéletes élőhelyük van ezen a területen.



*6. kép: 2019 őszén elvégzett talajszelvényvizsgálat a parcellás vizsgálat területén
(saját kép)*

A táblaszintű kísérletekben szerepelt egy szántásos, forgatásos talajművelés, a forgatás nélküli talajművelésként pedig közép-mély-lazítás, egy gruberrel végzett min-till,

illetve egy sávos művelés. A no-till művelésre nem volt lehetőség, mivel a termelők tartottak a kockázatoktól és táblaszinten nem akarták magukat kitenni ezeknek a kockázatoknak a hosszútávú veszélyeinek a lehetőségének.

Használt növénymonitoring módszer

A monitoring használt módszerek közül a műholdas távérzékelést választottam. Ennek oka az volt, hogy lehető leggyorsabb és legolcsóbb módját találjam meg ahhoz, hogy a gazdálkodók is esetleg kedvet kapjanak ehhez az eljáráshoz.

A műholdképeket az eFöld nevezetű, böngészőben ingyenes elérhető felületet használtam. Ennek használatához csak bejelentkezésre van szükség, amelyet lehet végezni eduID-val, amivel a hallgatók és az oktatók rendelkeznek, illetve Ügyfélkapun keresztül is be lehet jelentkezni, amivel minden magyar állampolgár rendelkezik.

A bejelentkezés után a keresőben legegyszerűbben úgy találhatjuk meg az általunk vizsgálni kívánt területeket, hogy a területhez legközelebb eső települést beírjuk a keresőbe, ezen tanulmány esetében ez Várda.

A műholdkép keresésére, miután megtaláltuk az általunk vizsgálni kívánt területet az alakzatok segítségével kijelöljük. A kereséséhez beállítjuk az időintervallumot, például 2021. április 1-től 2021. május 1-ig. Ezután kijelöljük, hogy melyik műhold által készített képeket szeretnénk látni. Magyarországot legsűrűbben a Sentinel 2 műhold fényképezi, így ezt a legcélravezetőbb választani, majd megadunk egy felhőborítottsági százalékot. Én 5%-os felhőborítottságig kerestem képeket. Majd láthatunk több alternatívát, amikből válogathatunk. Célszerű azt választani, amin később is könnyen megtaláljuk az általunk vizsgálni kívánt területet a képfeldolgozó szoftverben, mivel ott nincsen lehetőség településre keresni és azoknak neve sem fog szerepelni a letöltött műholdas felvételen.

Az általam használt szoftver az Idrisi Selva volt. Ez szoftver volt számomra a leggyorsabb és legkönnyebben hozzáférhető. Az Idrisi egy python alapú program, mint

a képfeldolgozó szoftverek nagy része. A tanulmányaim alatt több hasonló szoftverrel találkoztam, azonban a számomra legegyszerűbben használhatónak az Idrisi tűnt.

Az Idrisi Selva saját algoritmusának segítségével készítettem a normalizált vegetációs indexeket. Ennek elkészítéséhez a szoftverben ki kell választani az „Image processing” menü pontot, majd azon belül a „Transformation” -t, abban pedig a „Vegindex” lehetőséget. Ezután a felugró ablakban kijelöljük az „NDVI” lehetőséget és megadjuk a piros sávot (RED) és az infravörös sávot (INFRARED). Ezután a szoftver a saját algoritmusának segítségével elkészíti a normalizált vegetációs indexet, viszont ügyelni kell arra, hogy helyesen használja a színsávot. Ha esetleg rosszul használná, akkor a „Display” lehetőségre kattintva a menüsorban, majd a felugró ablak segítségével előhívhatunk egy rasztert és ott kiválasztjuk az általunk generált normalizált vegetációs indexet és bejelöljük, hogy az „NDVI” színsávot használja.

Az Idrisi Selva-ban nem ellenőrzött osztályozást (klaszterezést) pedig úgy készítettem, hogy az eredeti műhold felvételtől a „Window” segítségével levágtam a főleges területeket úgy, hogy a vizsgálni kívánt területre közelítettem, majd megadtam azt az oszlop (column) és sor (row) számát, amiket és az azokon belül található pixeleket meg akarok tartani. Ezt megismételtem az általam használni kívánt sávokon, amik a 2-es, 3-as, 4-es és 8-as sávok voltak.

Ezeknek a sávoknak segítségével létrehozható a színhelyes kompozit és a hamis színes kompozit is. Az osztályozást megelőzően a hamis színes kompozitra volt szükség. Ezt a „Create color composite” lehetőséggel kell elkészíteni, erre kattintva a felugró ablakba megadjuk a kék-, a zöld- és a piros sávhoz tartozó rétegeket, amik a 2, 3 és 4, így egy színhelyes kompozitot fogunk kapni. Ahhoz, hogy hamis színes kompozitot kapjunk, legegyszerűbben a kék sáv helyére a zöld sávhoz tartozó ~~rasztert~~, a zöld sáv helyére a piros sávhoz tartozó ~~rasztert~~, a piros sávhoz pedig minden esetben az infravörös sávhoz tartozó rasztert hívjuk be. Megadjuk a kontraszt fokozás mértékét, én minden esetben 3%-ot használtam, mivel ennyi ~~bőven~~ elég volt ahhoz, hogy jól láthatóak legyen a területek. Az így kapott hamis színes kompoziton a „Digitize” segítségével kijelöljük a vizsgálni

kívánt területet. Ezzel egy poligont hozunk létre benne, amit később a klaszter elkészítésénél maszkként fogunk használni. A terület kijelölése után nagyon fontos, hogy elmentsük az elkészített „layer” -t, amit a „Save digitize data” -ra kattintva tudunk megtenni. Ez után a „Reclass” -re kattintva a menüsorban kiválasztunk egy tetszőleges ~~rasztert~~ a sávok ~~rasztere~~i közül, én minden esetben a kék sávhoz tartozó rasztert, vagyis a 2-est választottam. Ennek a sávnak a „Display max” értékét le kell nullázzuk. A megfelelő értékeket, vagyis a 0-át és a raszterhez tartozó „Display max” értéknél nagyobb értéket adunk meg. Az így létrehozott referenciát, mindig ref_0-nak neveztem el. A következő lépésben a „Reformat” menüponon belül kiválasztjuk a „RASTERVECTOR” lehetőséget, most a létrehozott vektoros állomány átalakítása raszteres formátummá alakítjuk. Kiválasztjuk a felugró ablakban a „Polygon to Raster” lehetőséget és kiválasztjuk a poligonunkat, illetve az „image to update” lehetőségnél a ref_0-át. Ezzel létrehoztuk a maszkot. A következő lépésben a spektrális adatosztályokat hozzuk létre. Az „Image processing” menüpontra kattintva kiválasztjuk a „Hard classifiers” lehetőséget, azon belül a „CLUSTER” lehetőséget. A felugró ablakban be kell hívni a kék-, a zöld-, a piros- és az infravörös sávhoz tartozó rasztert. Kiválasztjuk a „Use mask” lehetőséget és ott behívjuk a ref_0-át, ami a maszkunk. Ezután kiválasztjuk a „Saturation” mértékét, én itt is minden esetben 3%-ot választottam, illetve kiválasztjuk, hogy „Set maximum level of clusters”-t, hogy megadhatjuk hány szintbe osztályozza a szoftver a területünket, én minden esetben 6-ot állítottam be. Az „OK” gomb megnyomásával elkészítette nekünk a szoftver a klasztert, ennek pontosításához az „Image processing” menüpontban kiválasztjuk azt, hogy „ENHANCEMENT”, azon belül pedig a „FILTER” lehetőséget. A felugró ablakban kiválasztjuk a „median” lehetőséget és beállítjuk, hogy mekkora legyen a „filter size”, én 3x3-at használtam minden esetben. Kiválasztjuk a már elkészített spektrális adatosztály, adunk neki egy új nevet és az „OK” gombra kattintva el is készült a pontosított spektrális adatosztály.

Kisparcellás vizsgálat

A kisparcellás vizsgálatban, mint azt már fentebb említettem, egy 4,11 hektár területű táblából különített el a gazdálkodó 2,8 hektárt (1.ábra), amiben balról jobbra haladva voltak elvégezve a következő talajművelési technológiák ebben a sorrendben: szántás 30 centiméteren, mint forgatásos talajművelés és mint forgatás nélküli technológia, közép-mély-lazítás 45 centiméter mélyen, direktvetés, gruber 15 centiméteren. Az ábrán látható piros négyzet jelöli a kisparcellás vizsgálat helyét.

Ebben a pontban a piros négyzettel jelölt területet vizsgálom. Már a színhelyes képen is láthatóak a különböző művelések nyomai. Ezeket a különbségeket úgy vehetjük észre, hogy megfigyeljük a képen a talajfelszínt. Azok a parcellák, ahol mélyebb művelés történt, vagyis 30 centiméteren, akár forgatásos vagy forgatás nélküli, vagyis szántás és közép-mély-lazítás, ott világosabb a talajfelszín. A direktvetés és a gruberezett parcellákon a felszínen maradó növényi maradványok miatt sötétebb a talajfelszíne.

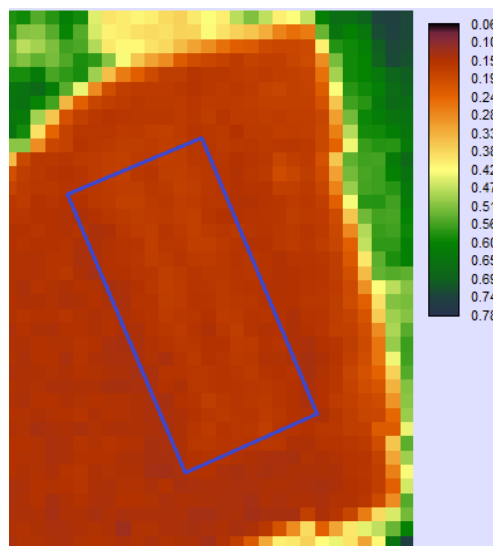


1.ábra: Az Idrisi Selva-ban készített színhelyes kép a vizsgált területekről, 2021. ápr. 24. (saját ábra)

Ahogy fentebb említettem, a kisparcellás vizsgálatra és a sávos művelés vizsgálatára két különböző évben került sor. A vizsgálatok időpontjaihoz azokat a kritikus időpontokat igyekeztem kiválasztani, amelyekben a gazdálkodók véleménye szerint, ha

nem érkezik csapadék, a növény számára elengedhetetlen a megfelelő talajnedvesség, hogy legyen számukra elengedő víz a tápanyagfelvételhez, illetve a fejlődéshez. Így a következő fenológiai fázisokat céloztuk meg: vetés előtt, kelés, 4-12 leveles állapot, virágzás és szemfejlődés.

Az 2. ábrán megfigyelhető Idrisi Selva saját algoritmusával készített normalizált vegetációs index, ami parcellák területét mutatja be. Az ábrán egy teljesen megfelelő vetés előtti állapotnak megfelelő eredményt láthatunk. A területeken uralkodó nullához közeli értékek azt mutatják, hogy a területen nincs vagy alig van vegetáció, amiket észlelhet azok is gyomnövények maradványai. Azonban már itt is elkülönülnek a talajművelési módok.

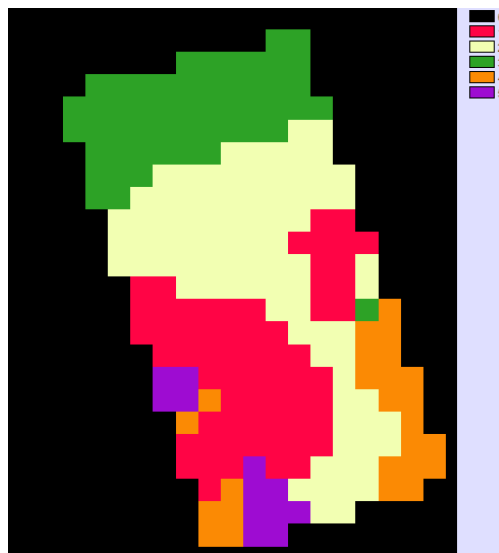


2. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI, 2021. ápr. 24. (saját ábra)

A következő ábrán (3. ábra) a parcellák területe vetés előtti klaszter található, amit osztályozáshoz szokás használni. Az ábrán látható, hogy a terület nagyon heterogén. A legjobb értékek a szántott és lazított parcellákban figyelhető meg egy kisebb területen azonban, ha a legrosszabb értékek nagy része is ide szűkül le. Az művelési módokat tekintve a legjobb értékek a terület jobb szélén észlelhetőek, ahol a gruberrel végzett min-

till talajművelést alkalmazta a gazdálkodó. A jobb értékeket azonban abban a parcellában vártuk, ahol a középmező-lazítást végezte.

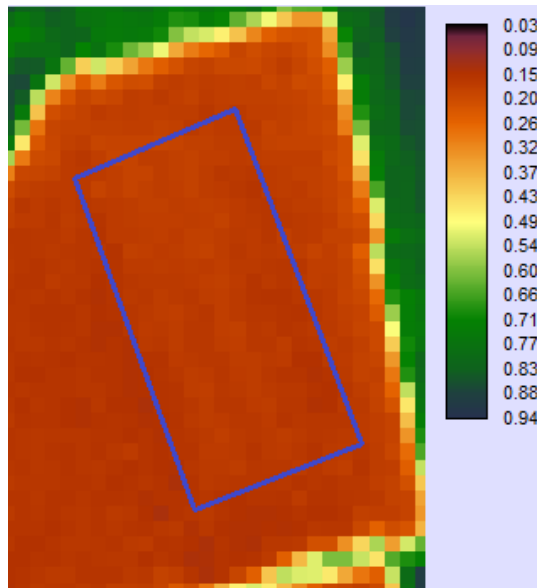
Ebből arra tudunk következtetni, hogy a szántással felszínre kerülő lasóbb talajszintben a nedvesség, mivel felszínre került jobban párologott a szakszerű szántás elmunkálás ellenére, illetve a középmezően-lazított parcellában, azzal, hogy megnyitotta a kapillárisokat, ezzel utat engedve a talaj víztartalmának a felszín irányába, hasonlóan könnyebben tudott veszíteni a nedvességéből a talaj, ellenben a direktvetéssel és a gruberezett területtel szemben, ahol nem is volt művelés vagy csak sekély művelés történt és volt a talajon növénymaradvány, amely nagymértékben megnehezítette a talaj számára a párologtatást, ezáltal a nedvesség elvesztését.



3. ábra: Idrisi Selva-ban készített klaszter a vetési előtti állapotról, 2021. ápr. 24. (saját ábra)

A következő időpont a kelés szakasza, amiről értékelhető műhold képet 2021. máj. 9-ről találtam, itt nem volt zavaró tényező a felhőborítottság. Az 4. ábrán 2021. máj. 9-én készült műholdképből az Idrisi Selva algoritmusának segítségével készített normalizált vegetációs index. Ha csak az ábrát tekintjük önmagában nincs szembetűnő különbség a

2021. ápr. 24-én készülttel szemben azonban, ha megnézzük az értékeket, már mást mutatnak. Ennek az oka, hogy a kelést követően még maga a növény kicsi, így a pixelekből elveszik és a megjelenítésben nem látszódnak, de amint létrehozunk egy ilyen normalizált vegetációs indexet, látható, hogy van vegetáció a területen. Ilyenkor még szükséges lehet egy fizikai szemle is, hogy értékelhessük a kelés minőségét.



4. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI, 2021. máj. 9.(saját ábra)

Az 4. ábrán látható a kelés alatt készített műholdkép 2021.máj. 9-ről, ahol már láthatóak azok az jelenségek, amelyekre számítottunk a gazdálkodóval. A szántott parcellán, a terület bal szélén a kelést követően az állomány silányabb, gyengébb, mert a felszínre hozott alsóbb talajrétegben rejlő nedvesség elveszett, így a kelés minősége is rosszabb.

A középmélyen-lazított talajművelés, forgatás nélküli parcellájában, a szántás mellett jobbra, láthatóak a legjobb értékek és a kelés minősége is itt volt a legjobb. A megnyitott kapillárisok miatt, hogy tudott a felszínfelé haladni a nedvesség és jutott levegő is a talajba, ezért a talajélet aktívabb ezen a területen, aminek következtében az állomány könnyebben hozzáfér a vízhez, tápelemekhez.

A direktvetéses, no-till parcellában a középmedélyen-lazított mellett, nagyon vegyes értékeket kaptunk. erre az eredményre is számítottunk, mivel itt teljes mértékben a talaj milyenségére támaszkodik az állomány. Mivel nagyon heterogén a terület talaja, ezért várható volt a heterogén kelés is, pedig a termesztéshez törekedni kell az egységes állomány létrehozására, ami megkönnyíti a kezeléseket, legyen szó tápanyagpótlásról vagy növényvédelmi beavatkozásról.

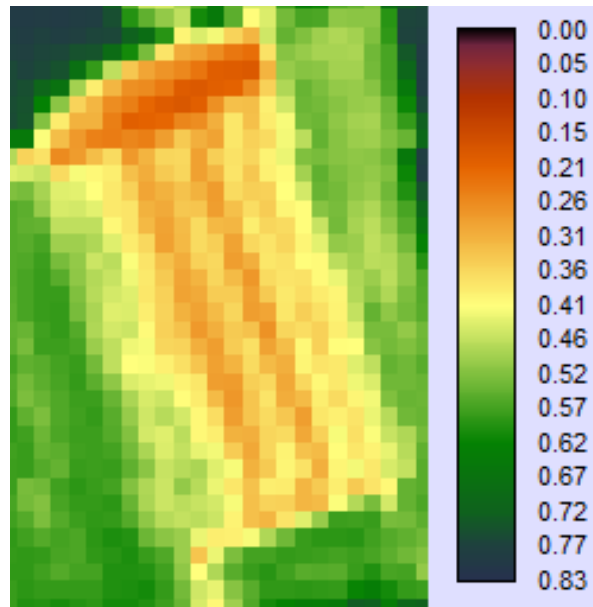
Az utolsó parcellában, ahol a gruberrel végzett min-till talajművelési technológia, amivel nagyon sok mulcsot, vagyis növényi maradványt hagyunk a területen a párologtatás csökkentésének érdekében, a fedettség okozta gyengébb kelés jobban kivehető a normalizált vegetációs indexen. A no-till technológiával szemben, hiába mondható, hogy összességében elmarad a kelésben, mégis egységesebb ez a parcella.

A következő vizsgálatot a virágzáshoz próbáltuk időzíteni, azonban a felhőborítottság miatt nem találtunk megfelelő képet ehhez a fenológiai állapothoz, így a 9 nóduszos állapotot vizsgáltuk, ami a virágzás előtti fenológiai fázis. Ehhez a 2021. jún. 26-án készült műhold képet használtam. A 6. ábrán az Idrisi Selva saját algoritmusának segítségével készített normalizált vegetációs indexen látható már, hogy érzékelhetően több a vegetáció a területen. Ami rendkívül szembetűnő, hogy a középső parcellában, pontosabban a no-till technológia parcellájában, annak is a szélein vannak a leggyengébb értékek, illetve a leggyengébb értékeket a tábla Észak-nyugati oldalán található lejtőn mérte az algoritmus, ez egy teljesen megszokott jelenség, mert a lejtőn a csapadék és a kijutatott tápanyagok sem képesek megmaradni.

A többi parcellát tekintve szinte ugyanazokat az értékeket mérte a szoftver. A szántásban található jobb értékek, viszont csak foltokban, így ez csak alig mutat különbséget ebben a fenofázisban. Ezen az ábrán, már tartottam fontosnak, külön kijelölni a területet, mert teljesen elválik a körülötte lévő vegetációtól.

A no-till technológiában látható értékekre talán az ad magyarázatot, hogy a szinte tarló állapotba vetett növény, már ilyenkor is nehezebben jut vízhez és tápelemhez, mert

nem történt művelés, nem volt egy olyan beavatkozás, amivel aktívabbá tehetjük a talajéletet.



6. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI, 2021. jún. 26.(saját ábra)

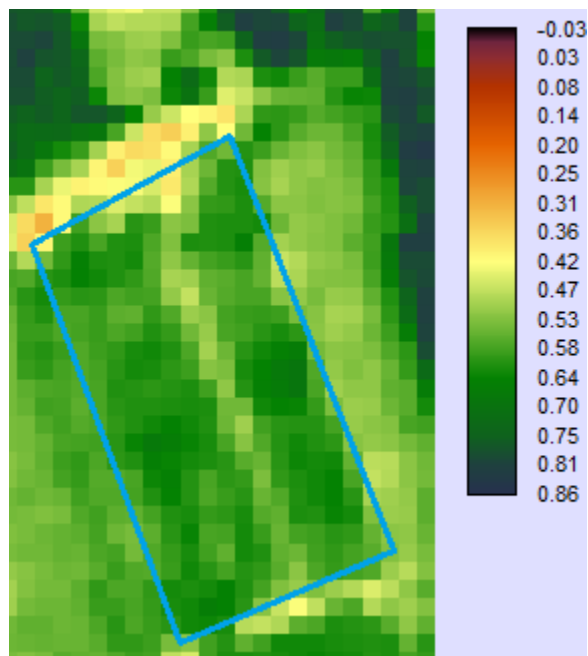
Látható, hogy a legegységesebb értékeket a középmedyen-lazított parcella mutatja. Ennek továbbra is az oka, hogy a korábban megnyitott kapillárisokon keresztül, sokkal több nedveség jut el a növényhez, illetve a talajba jutott levegő miatt aktívabb talajélet sokkal könnyebben felvehetővé teszi a tápelemeket, amelyek a talajban vannak, illetve amiket kijutatott a gazdálkodó.

A következő fenofázis a szemek érése, illetve azok telítődése volt. Ebben az állapotban van talán a legnagyobb szükség a vízre és a tápelemekre, hiszen itt jön létre a minőségi és leginkább a mennyiségi határozó. Ehhez a vizsgálathoz 2021. aug. 15-én készült műholdképet használtam. (7. ábra)

A várt eredmények láthatóak a területen, a no-till parcellában a leggyengébb az állomány, viszont mostanra már egységesebb lett. A talajművelés hiányában sokkal nehezebb a növényzet számára a fejlődéshez szükséges elegendő tápanyagok és víz felvétele.

Az értékek alapján legjobban fejlődő állományok a szántott és a közép mélyen lazított parcellák, ami a jobb talajszerkezet kialakításának köszönhető.

A gruberrel végzett talajművelésben eléggé heterogén az állomány, mert kijelenthető, hogy kiváló értékektől a leggyengébbig produkál a normalizált vegetációs indexen. A magas értékek minden bizonnyal a kedvezőbb talajszerkezet kialakításának köszönhető, annak ellenére, hogy csak 15 centiméteres mélységben történt művelés, azonban a gyengébb értékek feltehetően a növényi maradványok miatt fogták vissza foltokban a növényeket a fejlődésben.



7. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI, 2021. aug. 15.(saját ábra)

Balról haladva a területen a szántott parcellában lévő növényzet kezd egy kissé heterogénné válni, amiből esetleg következtethetünk arra, hogy talán kialakult egy talp réteg a szántott réteg alatt, ami miatt nehezebben hozzáférhető a talajban rejlő víz.

A lazított parcellában helyet foglaló növények számára sokkal jobbak a feltételek a többivel szemben.

Erre az időpontra már a no-till parcellában is egységesebbé vált az állomány, habár a minősége láthatóan elmarad a szántott és lazított területen helyet foglaló állománytól.

A gruberezett min-till parcellában nagy heterogenitást vélhetünk felfedezni az állományban, bár a normalizált vegetációs indexen inkább az látható, hogy szebb lehet az állomány, mint fizikai valójában.

Táblaszintű vizsgálatok

Forgatásos talajművelés, szántás

A szántással elvégzett talajművelés terület szintén ebben a térségben történt. A talaj jellemzői megegyeznek a többi területtel is. Érdeemes lett volna a többi területen is a parcellás vizsgálatokat megelőzően egy talajszelvény vizsgálatot elvégezni, azonban erre sajnos nem volt kapacitás.

A továbbiakban a szántással kapcsolatos vizsgálatokat fogom bemutatni. Mint már fentebb említettem, a táblaszintű vizsgálatokra a parcellás vizsgálat utáni 2023-as évben került sor.

A 8. ábrán látható műhold felvétel 2023. ápr. 12-én készült. Ez egy vetés előtti állapotot mutat be. A pirossal körül jelölt terület volt a vizsgálat alá vetett tábla. Mint látható vannak világosabb foltok a tábla Észak-nyugati oldalán. Ezek a világosabb foltok a terület domborzati viszonyainak a különbségét mutatják, mivel vannak szintkülönbségek a területen belül. Ebből már arra vonhatjuk le a következtetéseket előre, hogy nagy heterogenitást fog mutatni a talaj, főként ezekben a foltokban, mivel, ahogy már azt korábban kifejtettem, a domborzati viszonyok miatt a tápanyagok is lemosóódnak a területről, illetve a csapadék sem marad meg a lejtők miatt és ahogy ez a csapadék folyik le a domboldalról, úgy „mossa ki” a tápelemeket is a domboldalakból. A terület mérete kb. 20 hektár.

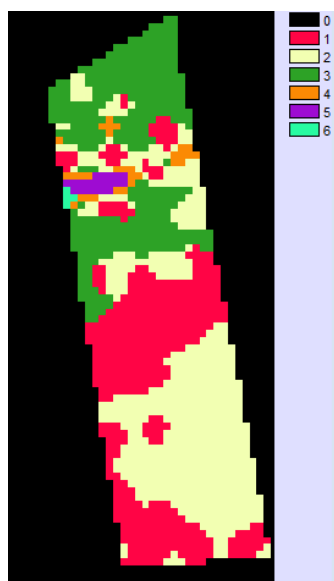


8. ábra: Az Idrisi Selva-ban készített színhelyes kompozit a szántott területéről, 2023.

ápr.12. (saját ábra)

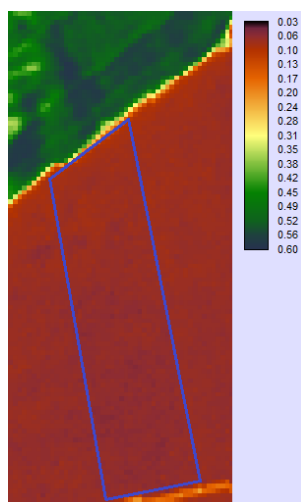
Az 9. ábrán látható a 2023. ápr. 12-én készült műhold felvételtől készített klaszter. Ahogy fentebb említésre került, ezen a táblán is megfigyelhető a heterogenitás. A jobbértékek a lejtők alatti területre koncentrálódnak, aminek az a jelenség az oka, hogy a csapadék a lejtőkről a tápelemeket „lehordja”. A dombok tetején látható gyenge értékek pedig szintén erre a jelenségre vezethetők vissza, hiszen ott már rendkívül kevés a tápelem és a nedvesség.

A táblán végzett sok éves szántás hatására elképzelhető, hogy kialakult már egy talp réteg is, ami nehezíti a talajban rejlő víz áramlását a felsőbb rétegekbe, illetve az is, hogy a sokszor kiforgatott alsóbb rétegekben élő hasznos mikrobákból már nagyon kevés maradt, így a talajélet is kevésbé aktív, így a rosszabb értékek a tábla déli részein észlelhetőek a rosszabb értékek.



9. ábra: Az Idrisi Selva-ban készített klaszter a szántott területről, 2023. ápr. 12. (saját ábra)

Az 10. ábrán látható normalizált vegetációs indexen az látható, ami egy teljesen átlagos vetés előtti állapotra jellemző. Néhol a gyomnövények miatt van vegetáció, de elenyésző, vagyis ez egy helyesen tisztán tartott mezőgazdasági terület.

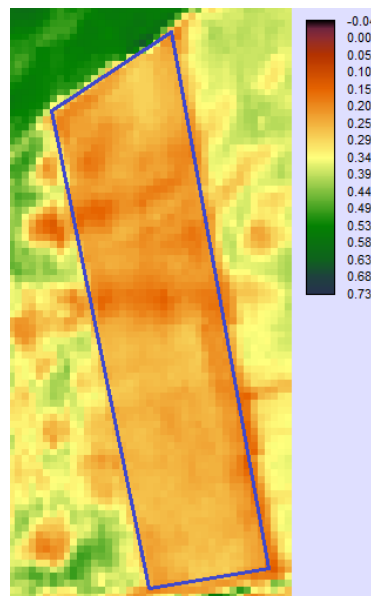


10. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a szántott területről, 2023. ápr. 12. (saját ábra)

A következő vizsgálat időpontja már a kelés után zajlott, mivel májusban az esőzések és a felhőborítottság miatt, nem találtunk értékelhető felvételt, ennek következményében a vizsgálat nagyjából 5-6 leveles fenológiai állapotban zajlott.

Ehhez a 2023. jún. 13-án készült műhold felvételt használtam. (11. ábra) Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített normalizált vegetációs indexen látható, hogy a vetési előtti állapot készített klaszterrel nincs összhangban a normalizált vegetációs index. Ugyanis a klaszteren, ahol gyengébb értékeket olvashattunk le, ott a normalizált vegetációs indexen 5-6 leveles állapotban jobb értékek mutatkoznak.

Összességében viszont elég, ha a csak a vizsgált táblától jobbra eső területre ránézünk, ami ugyan ebben a tanulmányban nem szerepelt, de egy forgatás nélküli, talajlazítással művelt terület, ahol szintén kukoricát termesztettek a 2023-as évben.

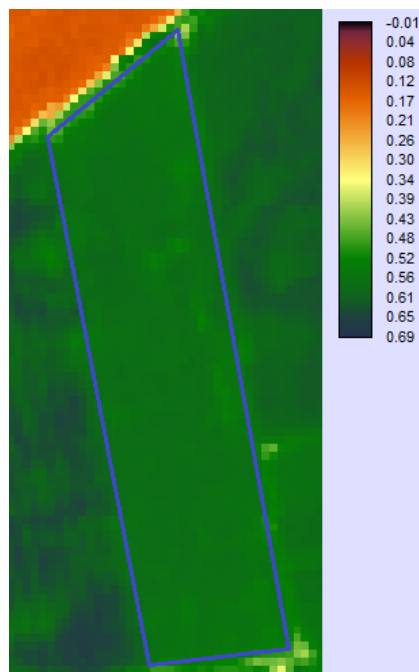


11. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a szántott területről, 2023. jún. 13. (saját ábra)

A következő vizsgálatához műhold felvétel, 2023. júl. 23-án készült, ami már javában a virágzás időszakában történt (12. ábra). Ebben az időpont készült normalizált

vegetációs indexen, amit szintén az Idrisi Selva saját algoritmusával hívtam elő, már elmondható, a gazdálkodó szavaival élve, hogy „utol érte magát az állomány”. Ezzel a kifejezéssel arra utalt a gazdálkodó, hogy az állomány egységes és erősnek mutatkozik, még a domborzati viszonyok ellenére is. Azonban így is nagyobb értékeket olvashatunk le a mellette lévő kukoricatábláról.

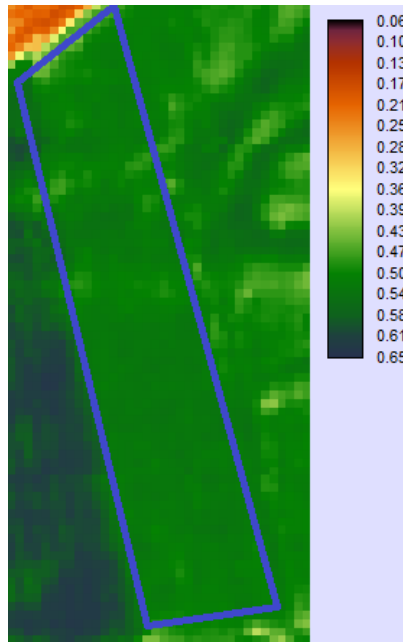
Így a jövőre vonatkozó következtetésünk az volt, hogy a szántott területtel, hiába készíthetünk kiváló alapot a növényünk számára, még akkor is, ha „utoléri magát” elmarad a fejlődésben a gyengébb talaj miatt, ennek következtében gyengébb termés lesz valószínűleg realizálható a területről.



12. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a szántott területről, 2023. júl. 23. (saját ábra)

A következő, egyben utolsó vizsgálatra a szemek érésének fenofázisában került sor, amihez egy 2023. aug. 22-én készült műhold felvételt használtam. A műholdas

felvételtől az Idrisi Selva saját algoritmusával generált normalizált vegetációs indexen (13. ábra), továbbra is látható, hogy az állomány egységesnek mondható. Az élénk zöld szín arra utal, hogy van a növényzetnek, megfelelő környezete van a fejlődéshez. Azzal viszont, hogy ilyen későn került ebbe az állapotban, minden bizonnyal meg lesz a hátránya, ami majd a betakarítás után fog érzékelhetővé válni.



13. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a szántott területről, 2023. aug. 22. (saját ábra)

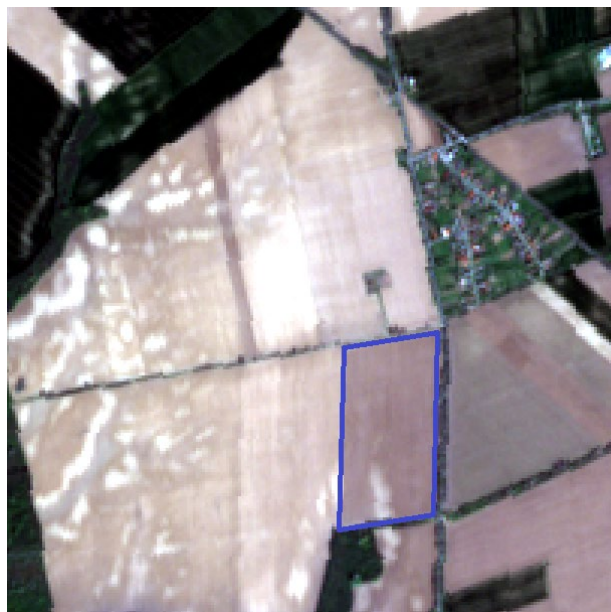
Forgatás nélküli talajművelés vizsgálata

Középmély-lazítás

A következő pontban a középmély-lazítással művelt területet fogom vizsgálni. Ez a tábla a szántásos vizsgált terület Dél-keleti sarkától nagyjából 100 méterre található Dél-keleti irányban. Ezzel a tényezővel kizárhattuk, hogy a térségekre ható különböző klimatikus viszonyok befolyásolhassák a vizsgálatainkat, hiszen a vizsgált területek mindegyike ebben a térségben található.

Az 14. ábrán látható késsel jelölt 20 hektár méretű tábla volt az általam vizsgált középmély-lazítással művelt terület. A képe szintén egy vetés előtti állapotot mutat be, A tábla déli oldalán látható világos folt, ismételten egy domborzati különbségre hívja fel a figyelmet. Azonban az itt jelenlévő szintkülönbség nem a területtől magasabb különbséget jelent, hanem alacsonyabbat.

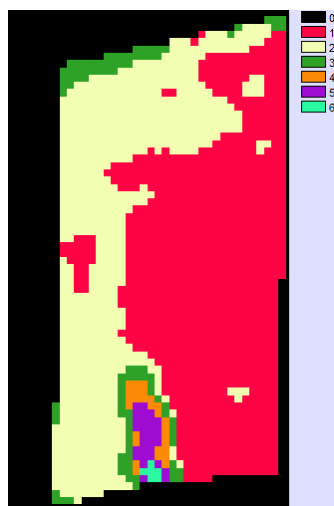
Az így létrejött lejtő miatt, mint azt már fentebb kifejtettem, a tápelemek és a víz a lejtő aljára koncentrálnak.



14. ábra: Az Idrisi Selva-ban készített vetési előtti állapotról színhelyes kompozit a középmély-lazított területről, 2023. ápr. 12. (saját ábra)

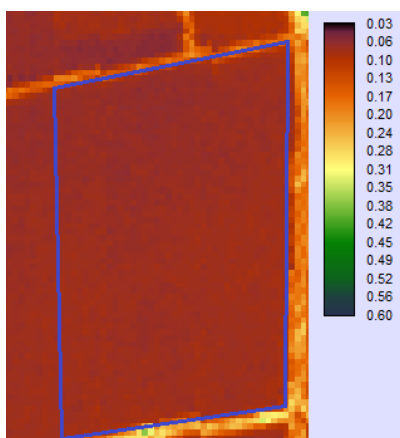
Ebben az időpontban készített klaszteren (15. ábra), jól kivehető szintén a szintkülönbség, illetve az is, hogy a lejtő aljára koncentrálnak a jobb értékek a területen. Továbbá kijelenthető ennek a terület talajviszonyaira is, hogy heterogén. A heterogenitását megfigyelve, azonban feltűnt még, hogy van egy élesebb váltás a keleti és a nyugati oldal között, aminek az okát fejtegetve arra jutottunk a gazdálkodóval, hogy valószínűleg ezt a jelenséget az okozza, hogy a táblának is van egy enyhébb lejtése, ami

annyira csekély, hogy fizikálisan nem érzékelünk, azonban a táblán végzett klaszteren kimutatható.



15. ábra: Az Idrisi Selva-ban készített klaszter a közép-mélység-lazított területről, 2023. ápr. 12. (saját ábra)

A vetési előtti állapotban Idrisi Selva algoritmusával generált normalizált vegetációs indexen egy teljesen, a helyes mezőgazdasági gyakorlatnak megfelelő gyomokból nagy részében mentes területet láthatunk. (16. ábra)

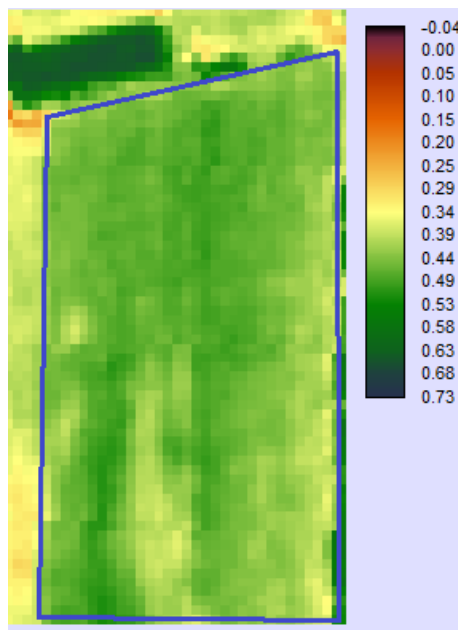


16. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a közép-mélység-lazított területről, 2023. ápr. 12. (saját ábra)

Az vizsgálat érdekében, mint ahogy mindegyik vizsgálatnál a továbbiakban is, a következő vizsgálatra 2023. jún. 13-án került sor.

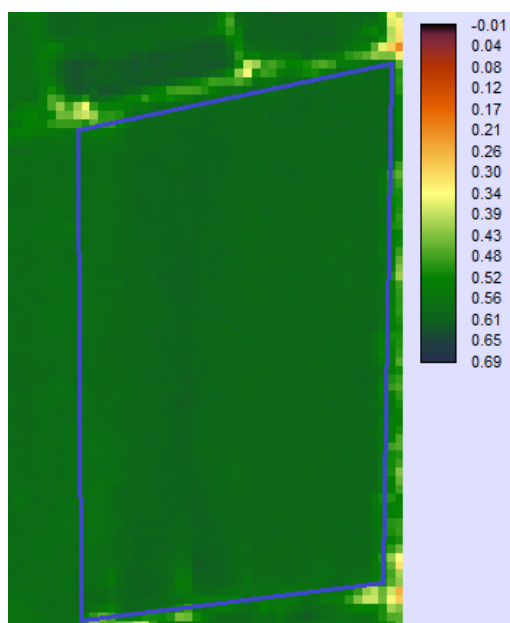
Az itt uralkodó állapotra jellemző, hogy egységesnek mondható az állomány. Nagyobb értékeket olvashatunk le az Idrisi Selva saját algoritmusának segítségével gyártott normalizált vegetációs indexen (17. ábra), mint a fentebb vizsgált szántott területen. Ez arra engedhet következtetni, hogy az itt lévő állomány előrébb van a fejlődését tekintve a szántottal szemben, azt mondanám, hogy kb. 4 nóduszos, azaz 12 leveles fenológiai állapotban van, vagyis gyorsabban érheti el azt a szemtelítődési fázist és több ideje marad a termésfejllesztésre.

További elméletem szerint, a fentebb említett lazítással kapcsolatos pozitív hatások játszhatnak közre abban, hogy ilyen jó értékeket olvashatunk le a normalizált vegetációs indexről.



17. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a közép-mély-lazított területről, 2023. jún. 13. (saját ábra)

A következő vizsgálatra 2023. júl. 23-án került sor. Mivel itt már előrébb tartott a állomány, mondhatni a virágzás végén járhatott. Az idrisi Selva saját algoritmusával készített normalizált vegetációs indexen nagyon magas értékek olvashatóak le a vizsgált területről. Azonban ezekben a magas értékekben is van egy kisebb mértékű differencia, ami a tábla nyugati és keleti oldala között van. A gazdálkodóval nem gondoltuk volna, hogy ez az enyhe lejtés még a normalizált vegetációs indexen is észlelhető lesz, mivel az ő által használt OneSoil szoftverben nem volt differencia a két oldal között. (18. ábra)

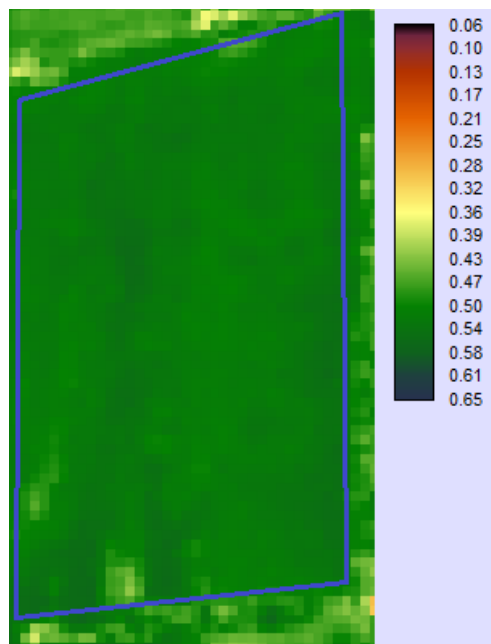


18. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a középmező-lazított területről, 2023. júl. 23. (saját ábra)

Az utolsó vizsgált fenofázisban, a szemek érésének állapotában a területen továbbra is magas értékek olvashatóak le az Idrisi Selva saját algoritmusának segítségével elkészített normalizált vegetációs indexen. (19. ábra)

Azonban ezek a magas értékek már alacsonyabbak, mint az előzőleg vizsgált fenológiai fázisban készült normalizált vegetációs indexen, de ez egy teljesen normális jelenség, hiszen a növény ilyenkor a felvett tápelemeket és vizet már nem a saját

fejlődésére fordítja, hanem a szemek telítődésére. Azzal, hogy az előzőekben vizsgált fenológiai állapotban már előrébb haladott volt, így több időt fordíthat a termés „kinevelésére”, ez miatt a betakarításkor realizálható termésmennyiség valószínűleg jó értéket fog mutatni, legalábbis erre következtethetünk.



19. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a középmező-lazított területről, 2023. aug. 22. (saját ábra)

Gruberrel végzett min-till

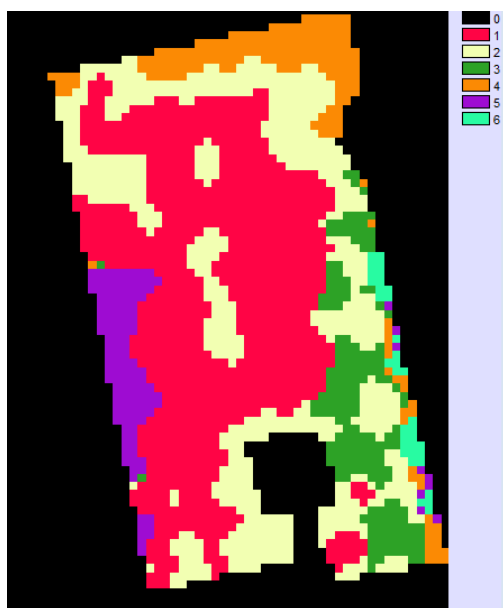
Az a tábla, ahol a min-till technológiát alkalmazta a gazdálkodó, az előző pontban vizsgált középmező-lazított táblától északi irányban kb. 60 méterre található. Ennek a táblának mérete kb. 22 hektár. (20. ábra)

Ezen a területen a gazdálkodó a min-till technológiához egy gruberrel végzett talajművelést alkalmazott 15 centiméter mélyen. Ezzel hagyott elegendő növényi maradványt a területen, ami nagymértékben gátolta a terület nedvesség vesztesét, illetve javított a táblán a művelt réteg szerkezetét, hogy megfelelő körülményeket tudjon biztosítani a kukorica számára a fejlődéshez.



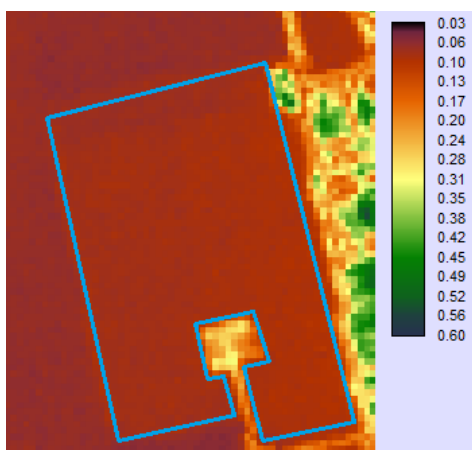
20. ábra: Az Idrisi Selva-ban készített vetési előtti állapotról színhelyes kompozit a gruberezett területről, 2023. ápr. 12. (saját ábra)

A vetési előtti állapotban az Idrisi Selva-ban készített klaszteren (21. ábra), ezen a területen is megfigyelhető a nagyobb mértékű heterogenitás, aminek kialakulásában ezen a területen nincs szerepe a domborzati viszonyoknak, mivel nem is érzékelhető és nem is láthatóak szintbéli különbségek a táblán, illetve a gazdálkodó állítása szerint: „ez a terület olyan, mint az asztal lap”.



21. ábra: Az Idrisi Selva-ban készített klaszter a gruberezett területről, 2023. ápr. 12.
(saját ábra)

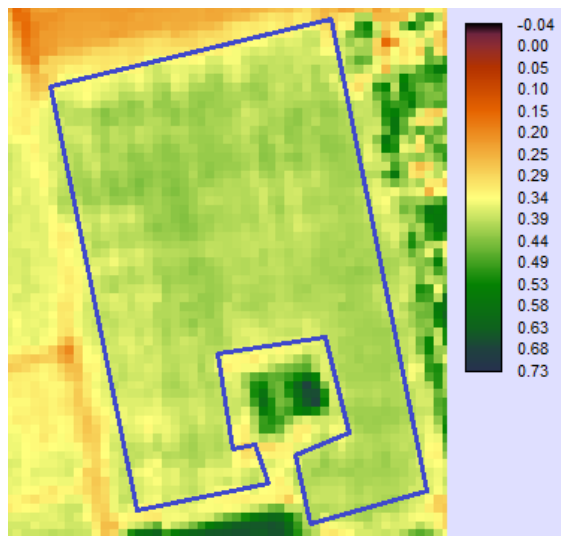
A vetés előtt készített normalizált vegetációs index az Idrisi Selva saját algoritmusával (22. ábra) egy megfelelő állapotot mutat a területen. Vagyis a gazdálkodó a helyes mezőgazdasági gyakorlat szerint a lehetőségeihez mérten gyommentesen tartotta a tábláját.



22. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a gruberezett területről,
2023. ápr. 12. (saját ábra)

A következő vizsgálat, mint a többinél, ugyanakkor 2023. jún. 13-án készült műhold felvétellel készült. Szintén az Idrisi Selva saját algoritmusának segítségével készített normalizált vegetációs indexen (24. ábra) látható, hogy szintén a szántott területtel szemben magasabb értékek olvashatóak le. Ez valószínűleg ismételt annak következményében alakult így, hogy a talaj élet aktívabb a területen, mivel nem kerültek az alsóbb rétegekben élő mikroorganizmusok a talaj felszínére, de mégis javítva lett a talajszerkezete a sekély műveléssel.

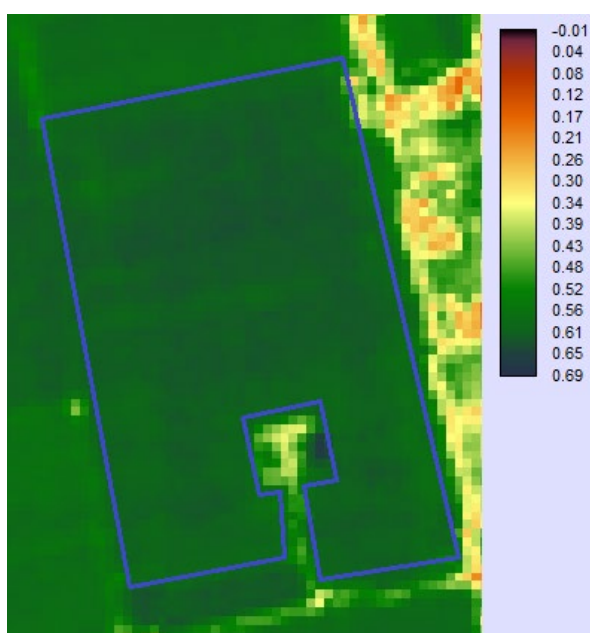
A középmező-lazított terület értékeitől viszont elmarad. Ez arra vezethető vissza, hogy az alsóbb rétegekben viszont nem volt művelés, így az ott található kapillárisok nem lettek megnyitva, hogy a felszín közelébe juthasson a talajban rejlő víz és a növények számára könnyebben hozzáférhető legyen.



24. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a gruberezett területről, 2023. jún. 13. (saját ábra)

A következő időpont, a többi vizsgálatához hasonlóan egy 2023. júl. 23-án készült műhold felvétel segítségével készítettem. Itt is szintén az Idrisi Selva saját algoritmusát használtam a normalizált vegetációs index elkészítéséhez. (25. ábra)

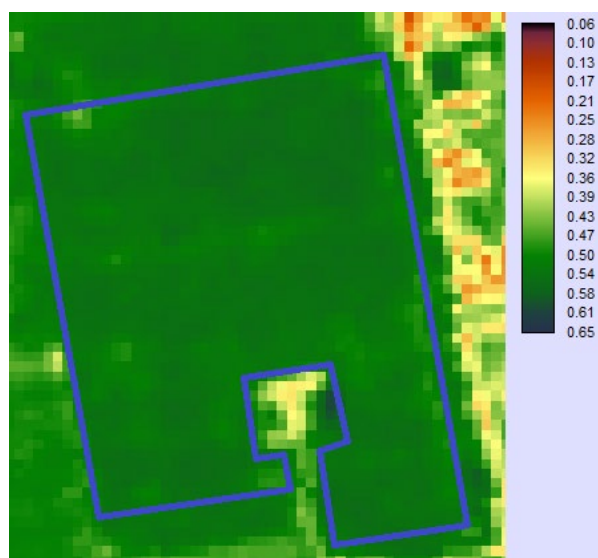
Itt az látható, hogy az állomány a középmező-lazított területhez hasonló magas értékeket produkált. Vagyis előrébb haladott a fejlődésben, mint a szántott terület. Ez továbbra is nagy előnyt jelent az ezen táblán helyet foglaló kultúra számára. Továbbá az is kijelenthető, hogy közelít a nagyobb értékeket mutató középmező-lazított táblához, azaz korábban utolérheti annak az állománynak a fejlettségi állapotát és ahhoz hasonlóan, több idő jut a természetfejlésre.



25. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a gruberezett területről, 2023. júl. 23. (saját ábra)

Az utolsó vizsgálathoz használt műhold felvétel szintén 2023. aug. 22-én készült. Az itt leolvasható értékek az Idrisi Selva saját algoritmusával készített normalizált vegetációs indexen (26. ábra), már szinte megegyeznek a középmező-lazított területen készütekével és továbbra is jobb értékek észlelhetők a szántott táblával szemben, amire a fentebb említett okok adhatnak magyarázatot.

A betakarítás után valószínűleg erről a területről is elfogadható eredmény lesz realizálható, mivel több idő jutott a növényzet számára a természetfejléséhez.



26. ábra: Az Idrisi Selva saját algoritmusával készített NDVI a gruberezett területről, 2023. aug. 22. (saját ábra)

Termés eredmények

A parcellás kísérletben szereplő talajművelési technológiák termés eredménye az 2. táblázatban láthatóak, a táblaszintű pedig a 3. táblázatban.

Művelési mód	Szántás (forgatásos)	Középmély- lazítás (forgatás nélküli)	Direktvetés (no-till)	Gruber (min- till)
Termés mennyiség t/ha	9,95 t/ha	8,66 t/ha	6,97 t/ha	10,3 t/ha

2. táblázat: a parcellás vizsgálatban szereplő talajművelési technológiákkal termesztett kukorica terméseredményei (saját táblázat).

Művelési mód	Szántás (forgatásos)	Középmély-lazítás (forgatás nélküli)	Gruber (min-till)
Termésmennyiség t/ha	10,8 t/ha	12,5 t/ha	11,9 t/ha

3. táblázat: A táblaszintű vizsgálatban szereplő talajművelési technológiákkal termesztett kukorica terméseredményei (saját táblázat)

Következtetések

Ezen tanulmány keretein belül, a műholdas távérzékeléssel vizsgált talajművelési technológiák közül, a parcellás kísérlet alatt, ahol közvetlen egymás mellett voltak beállítva a kísérleti parcellák, az Idrisi Selva saját algoritmusának segítségével elkészített normalizált vegetációs indexek alapján a gyengébb értékeket mutató min-till parcellában termesztett kukorica érte el a legmagasabb terméseredményt. Erre az lehet a magyarázat, hogy hiába volt heterogénebb az állomány a többivel szemben, a foltokban, ahol magasabb értékeket lehetett leolvasni elég volt egy magasabb termés eléréséhez. A forgatásos talajműveléssel termesztett kukorica termésmennyisége, a várható eredményt mutatta. Végig ez volt a legszebben fejlődő állomány a normalizált vegetációs indexeken, de még sem volt elegendő ahhoz, hogy a legmagasabb eredményt lehessen ezen a parcellán realizálni. A középmedély-lazítást, forgatás nélküli technológiát alkalmazva a termésmennyiség elmaradt a várt eredménytől ebben a parcellában. A fejlődését tekintve hasonló volt a szántott parcellához. A gyenge termésre az indok valószínűleg a talaj élet gyenge aktivitása ad magyarázatot. A no-till technológiát, vagyis a direktvetéses parcellában volt realizálható a legalacsonyabb termésmennyiség, ami várható is volt. Ha nincs megfelelő talajszerkezet kialakítva a növény számára, akkor a fejlődése vontatott, nehézkes lesz.

A parcellás vizsgálatokat tekintve a termésmennyiség azonban nem minden. Érdekes lenne egy ökonómiai összehasonlítást is végezni a talajművelési technológiák között, hogy pontosabb képet kaphassunk, mert nem minden a terméseredmény, ha nem rentábilis a termesztés.

A táblaszintű vizsgálatok közül a várt eredményt mutatva a középmedély-lazított területen volt a legmagasabb termésmennyiség. Ez a már fentebb többször kifejtett megnyitott kapillárisok, megfelelő aerob környezet kialakítása a talajban és a megfelelő talajszerkezet kialakítása az oka minden bizonnyal. A min-till technológiát alkalmazott táblán szintén egy magasabb terméseredmény született, amit ugyancsak a megfelelő talajszerkezettel magyarázhatunk részben, illetve annak, hogy a mulcsnak, vagyis a

növényi maradványok köszönhetően nagy részben gátolva volt a talajnedvesség párolgása, így meg tudta őrizni azt a talaj és a növényzet számára könnyebben elérhető volt és a tápelemeket is könnyebben fel tudta venni. A szántott táblán termett kukorica mennyisége várható volt, hogy a legkevesebb lesz, hiszen már a normalizált vegetációs indexeken is látható volt a lemaradása a többi területtől. Ezekre a területekre is érdemes lenne egy ökonómiai összehasonlítás, bár tapasztalataim szerint nem igazán befolyásolná ezt a sorrendet.

Összességében a normalizált vegetációs indexekkel meg lehetett bizonyosodni a kultúra állapotáról minden általam vizsgált időpontban és a táblaszintű összehasonlításban megjósolható volt, hogy melyik területen lesz nagyobb terméseredmény és ugyanez kijelenthető a parcellás vizsgálatról is.

Javaslattevél

Azoknak a termelőknek, akik azon gondolkoznak, hogy váltsanak talajművelési technológiát a hagyományos talajművelésről, javasolnám, hogy ne álljanak át teljesen egyik évről a másikra. Mivel a szántás nem minden esetben elhanyagolható művelet. Azonban próbálkozzanak mindenképpen egy lazításon alapuló technológiával, illetve egy min-till technológiával. A lazításos technológia a kukoricatermesztéshez egy kiváló alpművelés, azonban én a sok növénymaradványt hagyó művelést nem ajánlanám növényvédelmi szempontokból.

A termésmennyiség előtt azt kéne a termelők nagy részénél, hogy a talajra vigyázzanak, mivel az az alapja minden termesztésnek. Ha vigyázunk a talajéletre, a benne élő mikroorganizmusokra a termelésünk javában fog javulni és elsősorban nem a termésmennyiségre kéne a hangsúlyt helyezni, hanem a rentábilis termesztésre. Ha kisebb költségvetéssel ugyan kisebb termésmennyiséget lehet elérni, viszont a profit mértéke is hasonló vagy akár több is lehet, mint ha nagyobb költségvetésből próbálnánk termesztetni. Ez a szemlélet mód a jelenlegi magyarországi agrárium helyzetében egy jó alternatívát nyújthat a legtöbb mezőgazdasági termelő számára.

A műholdas távérzékeléssel végzett monitoring nagymértékben megkönnyíti a termelők, illetve az agronómusok munkáját, hiszen akármilyen időpontban, ha felhőborítottság engedi, ellenőrizni tudják a területeken uralkodó állapotot. Idővel elég tapasztalat és megfelelő előképzettséggel akár döntéseket is tudnak hozni az otthonuk vagy irodájuk kényelméből.

Köszönet nyilvánítás

Szeretnék köszönetet nyilvánítani Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata egyetemi docensnek, aki konzulensként volt jelen a tanulmányom alatt. Szeretnék köszönetet mondani a Várda és Somogyjád körül gazdálkodóknak, hogy rendelkezésemre nyújtották a tanulmányhoz szükséges információkat és részt vettek a vizsgálatban.

Összefoglaló

A XXI. századra az informatika rendkívüli térhódításának a köszönhetően, rendkívül nagy befolyással bír a mezőgazdaság iparágában is. Ebben az iparágban a precíziós gazdálkodásban nyújt segítséget számunkra az informatika. A megfelelő szakmai tapasztalat és előzetes tanulmányok elengedhetetlen a megfelelő mezőgazdasági termelés kivitelezéséhez. A határszemplék elengedhetetlen részei a termesztésnek, azonban erre nem mindig van lehetőség és nagyon időigényes tevékenység. A műholdas távérzékeléssel gyorsabban juthatunk számunkra fontos információkhoz, továbbá szinte folyamatosan tudjuk figyelemmel kísérni az állomány fejlődését nagyon rövid idő alatt. Jelen tanulmányt azt vizsgáltam, hogy növénymonitoring eredmények alapján, lehet-e különbséget tenni, a különböző talajművelési technológiák között.

A vizsgálat során 2021-ben beállított parcellás területen vizsgáltam hagyományos művelést, vagyis szántás, talaj lazítóval végzett művelést, gruberrel végzett talajművelést (min-till) és no-till technológiát direktvetéssel. A táblaszintű vizsgálatban 2023-ban szintén hagyományos művelést, lazítóval végzett talajművelést és gruberrel végzett művelést. A vizsgálatok ugyanabban a térségben foglaltak helyet, Somogy vármegyében. A növénymonitoring módszerhez műholdas távérzékelést használtam. A műholdfelvételeket ez eFöld honlapjáról szereztem be. A műholdas képeket pedig az Idrisi Selva nevezetű, python alapú programban dolgoztam fel. Azért választottam ezt a szoftvert, mivel számomra ez volt a legkönnyebben elérhető és mivel rendelkezik saját algoritmussal, ami segítséget nyújt a normalizált vegetációs index elkészítéséhez, ezzel megkönnyítheti annak is a használatát, akinek nincsen még sok tapasztalata ezekkel a szoftverekkel. A vizsgálatokat minden esetben 4 időpontban végeztem el, ezzel próbáltam koncentrálni bizonyos fenofázisokra, illetve pontos képet adni arról, hogy hol tarthat előrébb az állomány.

A vizsgálat eredményei alapján arra jutottam, hogy a műholdas távérzékeléssel végzett növénymonitoring segítségével, ha nem is pontosan megállapítható, hogy mennyi és milyen minőségű termés várható az adott területen termesztett növénytől, az

teljesmértékben megállapítható, hogy melyik területen várható a jobb termés. A pontos eredményekhez célszerű lenne egy ökonómiai vizsgálatot készíteni a talajművelések közötti profit különbségek között, mivel az minden esetben sorsdöntő, hogy hány tonna termést tudunk betakarítani egy területről. A döntő tényező a legtöbb esetben a profit, mint minden vállalkozásnál, amit a legkönnyebben a költség optimalizálásával érhetünk el az én véleményem szerint, amiben segítséget nyújthat egy ilyen módon végzett összehasonlító vizsgálat.

Summary

By the 21st century, thanks to the extraordinary expansion of information technology, it has also had a huge impact on the agricultural industry. In this industry, IT is helping us in precision farming. Adequate professional experience and prior studies are essential for the implementation of proper agricultural production. Borderline observations are an essential part of cultivation, but this is not always possible and is a very time-consuming activity. Satellite remote sensing allows us to obtain the information we need more quickly and to monitor the development of the herd almost continuously over a very short period of time. This study investigated whether plant monitoring results can be used to distinguish between different tillage technologies.

In the study, I investigated conventional tillage, i.e. ploughing, tillage with soil loosener, tillage with gruber (min-till) and no-till technology with direct seeding in a plot of land set in 2021. In the 2023 field study, also conventional tillage, loosener tillage and gruber tillage were used. The trials took place in the same area, in Somogy county. Satellite remote sensing was used for the plant monitoring method. The satellite images were obtained from the eFöld website. The satellite images were processed in a python-based program called Idrisi Selva. I chose this software because it was the easiest for me to use and because it has its own algorithm to help me create a normalised vegetation index, which should make it easier to use for those who do not have much experience with this software. In each case, the tests were carried out at 4 time points to try and focus on specific phenophases and to give an accurate picture of where the stand might be progressing.

Based on the results of the study, I concluded that crop monitoring using satellite remote sensing, even if it is not possible to determine exactly how much and what quality of crop can be expected from the crop grown in a given area, it is possible to determine to a large extent which area can be expected to produce a better crop. To obtain accurate results, it would be useful to carry out an econometric study of the profit differences between the different types of

cultivation, as the number of tonnes of crop that can be harvested from a given area is crucial in all cases. The decisive factor in most cases is profit, as in any business, which is best achieved, in my opinion, by optimising costs, and a comparative study of this kind could help.

Irodalomjegyzék

- BIRKÁS M. 2003a: Talajkímélő művelés és környezetvédelem. Gyakorlati Agrofórum Extra 3 (A kímélő és vízmegőrző talajművelésről) pp. 3–8.
- BIRKÁS M. 2003b: Tennivalók a talajvédő művelésben. In: PEPÓ P., JÁVOR A. (szerk.): Talajjavítás – talajvédelem. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, pp. 139–144.
- BIRKÁS M. TIRCZKA I. 1992: Környezetkímélő talajművelés kis- és középmezőgazdaságokban. Műszaki Gazdasági Magazin 4: 1299–1320
- CAMPBELL H. W. 1907: Soil culture manual. Milwaukee, Wisconsin (ford. és átdolg. K. RUFFY P., Pátria Nyomda, Budapest, 1909)
- Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A., Schwartz, M.D., 2007: Shifting plant phenology in response to global change. Review. Trends in Ecology & Evolution, pp. 357-35.
- Davut Karayel, Egidijus Šarauskis 2018: Environmental Impact of No-Tillage Farming Journal of Environmental Research, Engineering and Management 75/1, pp. 2-6.
- Dr. Hajdó J. 2015: Fejlesztési trendek a forgatás nélküli talajművelés gépeinél Agronapló szakfolyóirat 15/11, pp. 57-59.
- Dr. Jóri István, Rádics János Péter, 2013: Gondolatok a sávos talajművelés (strip-tillage) hazai alkalmazásáról, Agronapló szakfolyóirat 2013/09, pp. 76-77.
- Dr. Keresztes Gábor 2017: Tavaszi szél, Doktoranduszok Országos Szövetsége Budapest 2017, pp. 114-117.

Dr. Somogyi Zoltán, Molnár Tamás 2019: A távérzékelés alkalmazása az erdészetben és a precíziós gazdálkodásban, NAIK Erdészeti Tudományos Intézet és Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, pp. 1-6.

John M. Luna and Mary L. Staben 2002: Strip Tillage for Sweet Corn Production: Yield and Economic Return, Department of Horticulture, 401 7 Agricultural and Life Sciences Building, Oregon State University, Corvallis

Jussi Lankoski, Markku Ollikainen, Pekka Uusitalo 2004: No-till technology: benefits to farmers and the environment?, Multifunctional Agriculture and Policies by Ministry of Agriculture and Forestry, Finland, pp. 7-9.

Kökény A. 2023: Talajmegújító Mezőgazdaság - Mezőgazdasági talajmunkák fogalomgyűjteménye: <https://talajmegujito.substack.com/p/mezogazdasagi-talajmunkak-fogalomgyujtemenye>

Madarász B. 2015: Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon MTA CSFK Földrajztudományi Intézet Budapest, pp. 7-10.

Sipos Géza - Racskó József - Dr. Rátonyi Tamás 2005: A forgatásos és a forgatás nélküli talajművelés jellemzői és tapasztalatai Debreceni Egyetem ATC

Somogyi, Z., Koltay, A., Molnár, T., Móricz, N. (2018): Forest health monitoring system in Hungary based on MODIS products. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX.: theory meets practice in GIS: Debreceni Egyetem, IX. Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás. Szerk. Molnár Vanda Éva. Debrecen, 2018.

Teodor Rusu, Petru Gus, Ileana Bogdan, Paula Ioana Moraru, Adrian Ioan Pop, Doina Clapa, Doru Ioan Marin, Ioan Oroian and Lavinia Ioana Pop 2009: Implications of minimum tillage systems on sustainability of agricultural production and soil conservation, University of Agricultural Sciences and Veterinary, Romania, pp 334-336.

WEB1: <https://talajbakterium.hu/a-mikrobiologia-a-kulcs-az-oszi-vetes-elokesziteskor-es-a-novenyi-maradvanyok-lebontasakor/>

WEB2:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/styles/image_img_fluid/public/2018-10/2_0.jpg?itok=BoiueNMO

WEB3: https://www.vektor-mezogep.hu/kepek/menupontok/3/7/3/mg_513_440x289t2_ic.jpg

WEB4: https://www.vaderstad.com/globalassets/_international/assets/seeding/rapid-seed-drill/rapid-seed-drills-desktop.jpg

WEB5: https://www.vektor-mezogep.hu/kepek/menupontok/1/9/5/img_3118_324x212t2_ic.jpg