

**DEBRECENI EGYETEM**  
**KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA**

*Doktori Iskola vezető:*

**Prof. Dr. Holb Imre**

MTA doktora

*Témavezető:*

**Prof. Dr. Nagy János**

professzor emeritus

**TERMŐHELYSPECIFIKUS TŐSZÁMSZABÁLYOZÁS A PRECÍZIÓS  
NAPRAFORGÓ TERMESZTÉSBEN**

*Készítette:*

**Monoki Szabolcs Imre**

doktorjelölt

**DEBRECEN**

**2026**

**TERMŐHELYSPECIFIKUS TŐSZÁMSZABÁLYOZÁS A PRECÍZIÓS  
NAPRAFORGÓ TERMESZTÉSBN**

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében,  
növénytermesztési és kertészeti tudományok tudományágban.

Írta: **Monoki Szabolcs Imre**

okleveles növényorvos

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája  
(Növénytermesztési és kertészeti tudományok doktori programja) keretében

**Témavezető:**

Prof. Dr. Nagy János

professor emeritus

**Az értekezés bírálói:**

név	tudományos fokozat	aláírás
.....	.....	.....
.....	.....	.....

**A bírálóbizottság:**

név	tudományos fokozat	aláírás
elnök: .....	.....	.....
tag: .....	.....	.....
titkár: .....	.....	.....

Az értekezés védésének időpontja: 2026. ....

<b>TARTALOMJEGYZÉK</b> .....	2
1. BEVEZETÉS.....	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
2.1 A napraforgó termesztés globális, hazai és regionális helyzete.....	7
2.2 A napraforgó ökológiai igénye és a környezeti adottságok összefüggései.....	14
2.3 A napraforgó termesztés talajművelési vonatkozásai.....	17
2.3.1 A napraforgó talajművelési rendszere.....	18
2.4 A fenntartható mezőgazdasági termelés és a mezőgazdasági technológia kapcsolata.....	21
2.4.1 A precíziós növénytermesztés jelentősége.....	23
2.4.2 A precíziós növénytermesztés tudományos háttere, eszközzrendszere...23	
2.4.3 A műholdas távérzékelés alkalmazása a precíziós növénytermesztésben.....	25
2.4.4 A műholdas távérzékelés és a térinformatika kapcsolata a precíziós növénytermesztésben.....	27
2.4.5 A precíziós növénytermesztést támogató technológiai megoldások jelene és jövője.....	28
2.5 Precíziós napraforgótermesztés.....	30
2.5.1 Az optimális tőszám.....	33
2.5.2 Az állománysűrűség hatása a napraforgó fejlődésére.....	35
2.5.3 Az állománysűrűség hatása a termés minőségére és mennyiségére.....	36
2.6 Gazdaságos napraforgótermesztés.....	38
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	40
3.1 A kísérleti területek jellemzői.....	40
3.1.1 A vizsgált évek időjárása.....	41
3.1.2 Szántóföldi agrotechnika.....	43
3.2 Termőhelyi heterogenitás térképezésének módszere.....	45
3.2.1 Talajtani heterogenitás meghatározása.....	46
3.2.2 A növényállomány heterogenitásának térképezése műholdas távérzékeléssel.....	47
3.2.3 A hozam heterogenitásának mérése.....	49
3.2.4 A termőképességi zónák meghatározásának folyamata.....	51
3.3 A tőszámszabályozás alapelvei.....	51
3.4 A változó tőszámú vetési kísérlet bemutatása.....	54
3.5 A vetéstechnológia követelményei.....	55
3.6 A tőszám ellenőrzése.....	56
3.7 A termés mennyiségének és minőségének értékelése.....	57
3.7.1 A hozam meghatározása.....	57
3.7.2 A termés minőségét jellemző paraméterek mérése.....	58
3.7.3 A napraforgó termesztés gazdaságosságának mérése.....	58
3.8 Statisztikai elemzés.....	59
3.8.1 Az adatfeldolgozás előkészítésének módszere.....	59
3.8.2 Az adatok feldolgozásának folyamata.....	62
4. EREDMÉNYEK.....	65
4.1 A vetéstechnológia ismertetése.....	65
4.2 A gazdálkodási tényezők hatása a vetés minőségének jellemzőire.....	72
4.3 A gazdálkodási tényezők hatása a termés jellemzőire.....	75
4.4 A talaj változók és a tengerszint feletti magasság, valamint a talajváltozók közötti kapcsolatok vizsgálata.....	78

4.5	A talaj- és környezeti változók hatása a termés jellemzőire, valamint a talaj változók hatása a vetés minőségére.....	80
4.6	A termőhely hatását befolyásoló talaj- és környezeti jellemzők.....	82
4.7	A gazdálkodási változók hatása a napraforgó termesztés gazdaságosságára...	85
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	88
5.1	A vetés minőségét befolyásoló tényezők értékelése.....	88
5.2	A napraforgó hozamot és minőséget befolyásoló tényezők értékelése.....	90
5.3	A talaj változók közötti összefüggések értékelése.....	92
5.4	A tengerszint feletti magasság szerepe.....	93
5.5	A napraforgótermesztés gazdaságosságát meghatározó tényezők értékelése...	94
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	95
7.	GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK.....	96
8.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	97
9.	SUMMARY.....	104
10.	IRODALOMJEGYZÉK.....	110
11.	PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK.....	126
12.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	128
13.	NYILATKOZATOK.....	129
	MELLÉKLETEK.....	130

## 1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági termelés színvonalának az elmúlt néhány évtizedben bekövetkezett ugrásszerű emelkedése révén nagy figyelmet kapott a ráfordított erőforrások (energetikai, ökológiai, humán) mértéke is. Központi kérdéssé vált ezeknek az erőforrásoknak a hosszabb távon történő fenntarthatósága, illetve a termelés következtében bekövetkező erodáló - sok esetben szennyező - hatások fokozódása. A fenntartható termelés a szántóföldi növénytermesztésben is fontos követelménnyé vált, ezért a termelés során napjaink kiemelt feladata a termelés során felmerülő ökológiai és ökonómiai kihívások megoldása. Nélkülözhetetlenné vált a termőhelyi adottságok, a termesztéstechnológiai igények figyelembevétele, valamint a termelés környezetvédelmi szempontjainak összehangolása.

A szélsőséges időjárási jelenségek – különösképpen a hosszantartó aszályos időszakok – egyre gyakrabban előforduló jelenségek. A magas átlaghőmérsékletű periódusok mellett, azzal párhuzamosan az éves csapadék mennyisége is csökkenő tendenciát mutat, valamint a csapadék eloszlása is egyre hektikusabb. Az aszályos periódusok hatása rendkívül széleskörű. A társadalmi, környezeti és gazdasági rendszerek működése mellett jelentősen befolyásolja az erdészeti, vízgazdálkodási ágazatokat, ugyanakkor érinti az energiatermelési- és az egészségügyi szektort is. Közvetlen hatásként az aszály csökkenti a növénytermesztés eredményeit, így befolyással van az élelmiszerárakra is, következésképpen a mezőgazdasági ágazatban extrém áringadozások tapasztalhatóak. Ezek a kedvezőtlen hatások nagyban befolyásolják, illetve megváltoztatják a talajok vízforgalmát, biológiai-fizikai-kémiai tulajdonságait, melyek az eddig eredményesen alkalmazott talajművelési rendszerek átgondolására készítetik a gazdálkodókat. A rendelkezésre álló víz- és energia megtakarítását, valamint annak gazdaságosabb felhasználását eredményező termesztéstechnológiai beavatkozások alkalmazásával a gazdálkodóknak még a termésnövekedés esetén is lehetősége adódhat a gazdálkodás eredményességének fenntartására (Nagy, 2000). A folyamatosan és egyre gyorsabban változó klimatikus tényezők következményeként kutatások folynak, olyan termesztéstechnológiai rendszerek és eljárások kidolgozására, melyek elősegítik a megváltozott környezeti feltételekhez történő adaptációt és alkalmasak a vízhiány miatt bekövetkező termésnövekedés mérséklésére, illetve megakadályozására (Széles et al., 2019).

A napraforgó rendkívüli mértékben képes hasznosítani a talaj vízkészletét, azonban a termés hozamát korlátozó tényezők közül, ha az elmúlt évek napraforgótermesztését vizsgáljuk, továbbra is igaz, hogy a rendelkezésre álló víz mennyisége az elsődleges. Nagyon fontos, hogy az alkalmazott agrotechnikai műveletek elősegítsék és a napraforgó számára hozzáférhetővé tegyék a rendelkezésre álló vízkészletet (Antal, 1996).

A napraforgó hibridek között változó a talaj vízkészlet felhasználásának hatékonysága, amit befolyásol az elvetett növények száma is (Nagy, 1996). Az optimális tőszám terület-, környezet- és hibridspecifikus tulajdonság (Szabó, 2007), de a talaj termőképessége, a termőhely heterogenitása, a várható termés mennyisége, a vetőgép technológia által kínált lehetőségek és az alkalmazott hibrid alkalmazkodó képessége is meghatározó lehet.

A műholdas helymeghatározás, a szenzortechnológiák, a térinformatikai szoftverek megjelenése és robbanásszerű fejlődése lehetőséget teremtett a precíziós növénytermesztés megvalósítására (Mesterházi, 2003). A műholdas helymeghatározáson alapuló precíziós növénytermesztés technológiai fejlesztéseinek köszönhetően olyan térinformatikai alkalmazások és művelési eszközök váltak elérhetővé a gazdálkodók számára, amelyek segítségével jelentősen növelhető a gazdálkodás hatékonysága (Milics, 2008).

A precíziós növénytermelés eszköztárából már alkalmazott technológia a termőképességi zónánként differenciált tápanyag-kijuttatás. A termőhelyspecifikus tőszámszabályozott vetés módszerei (Tótin és Pepó, 2016) azonban továbbra is újdonságnak számítanak, különösen a napraforgó esetében, mely kiváló alkalmazkodó képességének köszönhetően kevésbé érzékeny a hektáronként kivetett tőszám változásaira. Használhatóságának és hatékonyságának alapja a termőhely adottságaihoz alkalmazott vetőmag mennyiség növelésével nagyobb hozam elérése vagy csökkentésével a vetés költségcsökkentése révén elérhető nagyobb haszon realizálása.

Kutatásom fő célkitűzése, hogy kísérletet tegyen a változatos gazdálkodási tényezők a vetés minőségére gyakorolt hatásának, valamint gazdálkodási-, talaj- és környezeti változók termésképzéssel való kapcsolatának tisztázására, valamint eredményeivel hozzájáruljon a napraforgótermesztés gazdaságosságának fokozásához. Olyan komplex vizsgálat elvégzése, amely figyelembe veszi napraforgótermesztés agronómiai, műszaki-technológiai, a talaj fizikai- és kémiai, valamint a termelés gazdaságossági szempontjait.

Kutatómunkám során további célkitűzéseim voltak:

- műholdas távérzékelési rendszerek és térinformatikai eszközök, meteorológiai- és talajvizsgálati adatok felhasználásával, valamint precíziós vetéstechnológia alkalmazásával vizsgálni a vetéstechnológia, a termőhelyi sajátosságok, a talaj tulajdonságok és az időjárás hatását a vetés minőségére,
- statisztikai módszerek alkalmazásával kutatni a termőhelyi sajátosságok, talaj tulajdonságok és az időjárás változásának a termés jellemzőire gyakorolt hatását,
- a különböző termőképességű zónákból származó talajvizsgálati eredmények alapján feltárni az egyes talaj tulajdonságok közötti kölcsönhatásokat, valamint vizsgálni a termőterületek (táblák) tengerszint feletti magassága és a talaj tápanyagtartalma közötti kapcsolatokat,
- a parcellánként betakarított napraforgó termés mennyiségi és minőségi paramétereinek, valamint a termesztés költségeinek ismeretében értékelni a termesztéséből származó bevétel és jövedelem mértékét befolyásoló tényezőket.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 A napraforgó termesztés globális, hazai és regionális helyzete

A napraforgó (*Helianthus annuus L.*) géncentrumának Észak-Amerika nyugati oldala valószínűsíthető, ahonnan később a kontinensen minden irányba elterjedt. Régészeti leletek tanúsítják ugyanitt, hogy a napraforgót még a kukoricát megelőzően domesztikálták (Heiser, 1951; Leppik, 1971). Idegentermékenyülő növény, így fajon belül igen nagy formagazdagság jellemzi. A ma termesztett hibridek nagy többségének alapjai az étkezési szempontból fontos tulajdonságra szelektált típusok.

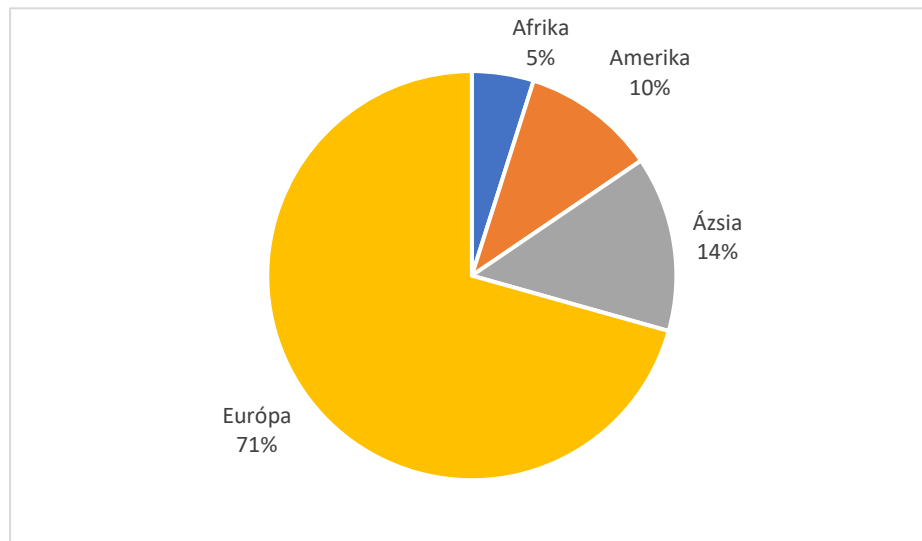
Európai történetének kezdeti szakaszában dísnövénynek tekintették (Selmeczi Kovács, 1975), majd étkezési célú hasznosítása a történelmi Oroszországban kezdődött meg. Később a Szovjetunió megalakulásakor már kb. 1 millió, majd a hatvanas évekre már mintegy 5 millió hektáron termesztik (Frank, 1999).

Magyarországi nemesítése csak az 1930-as években kezdődött meg, majd a beltenyésztéses nemesítés (Schuster, 1964) és a citoplazmás hímsterilitás technológiájának elterjedésével (Leclercq, 1969, 1971) a fajtákat a magasabb termőképességű hibridek váltották fel. Az azóta eltelt időszak napraforgó termesztését egyértelműen a hibridek határozzák meg, melyek lehetőséget adnak a hagyományos zsír- és magas olajsav, valamint a közepes olajsav tartalmú hibridek termesztésére is (Kiss, 2007).

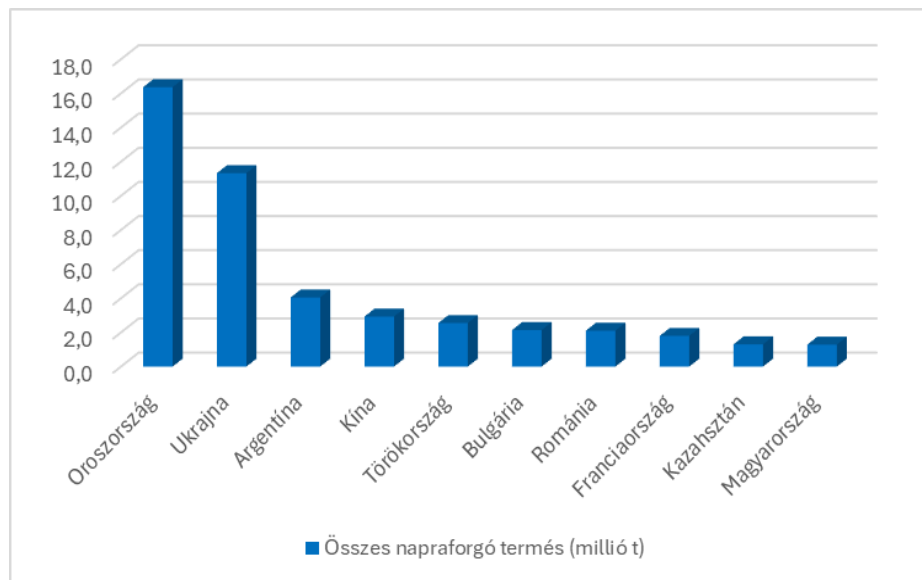
A nemzetközi adatok alapján a napraforgót mintegy 29 millió hektáron termesztik világszerte. Termőterülete az 1960-as évektől (7,5 millió hektár) kezdve folyamatosan növekszik. Területi megoszlás szerint a világ napraforgó termesztésének több mint 70%-a Európában található, jelentősebb termeléssel rendelkezik még Ázsia (13,9%), Amerika (10,6%) és Afrika (4,9%) (1.ábra). Világszerte Oroszország (16,5 millió tonna/év) és Ukrajna (11,5 millió tonna/év) uralja a napraforgótermesztést, együtt a teljes mennyiség mintegy 50%-át állítják elő. További nyolc ország: Argentína, Kína, Törökország, Bulgária, Románia, Franciaország, Kazahsztán és Magyarország együttesen további 18 millió tonnát állít elő (FAO, 2022) (2.ábra).

A globális napraforgó termesztés kapcsán fontos megemlíteni a napraforgóolaj előállítás mennyiségét is, mely a statisztikai adatok alapján világszinten eléri a 18,5 millió tonnát. Oroszország (5,2 millió tonna/év) és Ukrajna (4,9 millió tonna/év) állítja elő a teljes mennyiség mintegy 54,5%-át, de jelentős mennyiséget termel Argentína (1,3 millió

tonna) és Törökország (940 ezer tonna/év) valamint Magyarország (645 ezer tonna/év) is (FAO, 2021) (3.ábra).

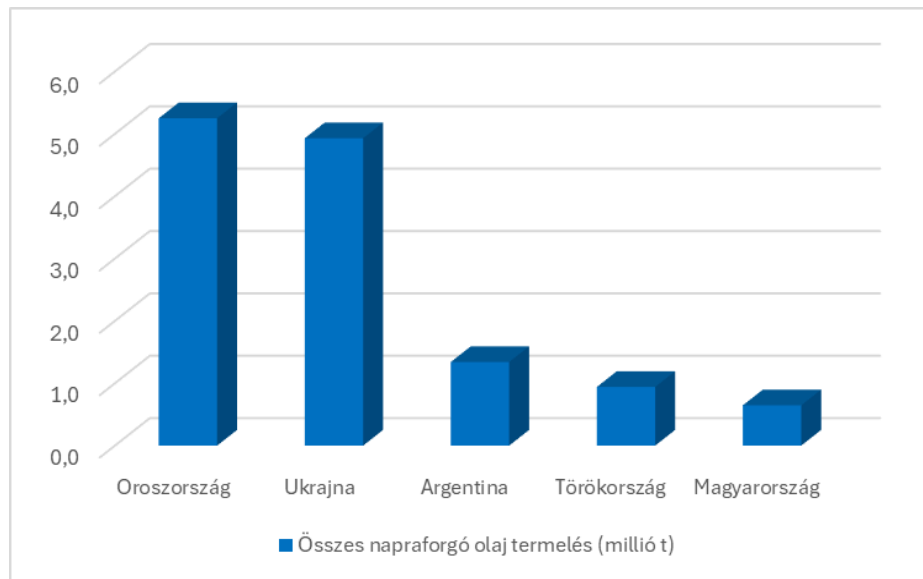


1. ábra. A napraforgó termesztés globális területi megoszlása. Forrás: FAO, 2022.



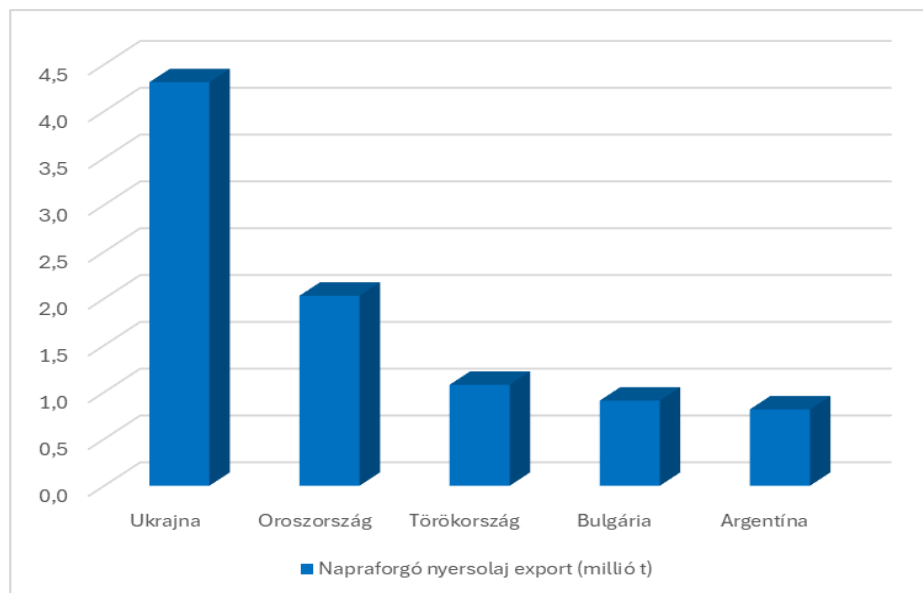
2. ábra. A globális napraforgó termesztés mennyiségi eloszlása. Forrás: FAO, 2022.

A legnagyobb napraforgó olaj exportőr országok szintén Ukrajna (4,3 millió tonna /év) és Oroszország (2 millió tonna/év) valamint Törökország (1,08 millió tonna/év), Bulgária (910 ezer tonna/év) és Argentína (815 ezer tonna/év). A legnagyobb mennyiséget importáló országok India (1,9 millió tonna/év), Törökország (1,45 millió tonna/év), Spanyolország (708 ezer tonna/év), Irán (671 ezer tonna/év) és Hollandia (658 ezer tonna/év) (FAO, 2022).



3. ábra. A jelentősebb napraforgó nyersolaj előállító országok termelése.  
Forrás: FAO, 2021.

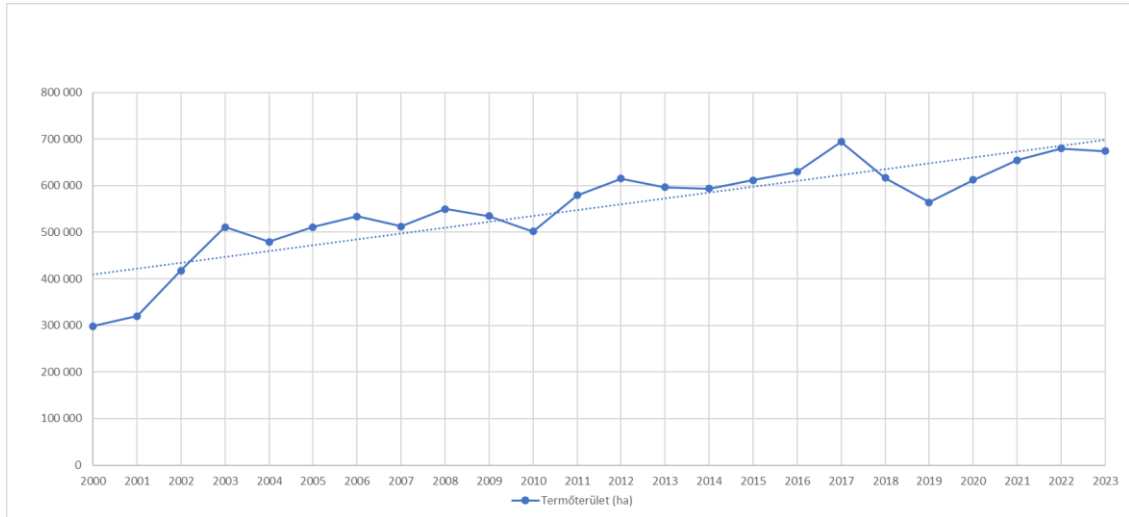
A globális napraforgó nyersolaj kereskedelem döntő többsége jellemzően az oroszországi és ukrajnai termelésből az indiai és török piacok felé irányulnak, de láthatóan az exportpiac legmeghatározóbb részesedését az ukrajnai termelésből származó tételek teszik ki (4. ábra).



4. ábra. A globális napraforgó nyersolaj export mennyiségi eloszlása.  
Forrás: FAO, 2022.

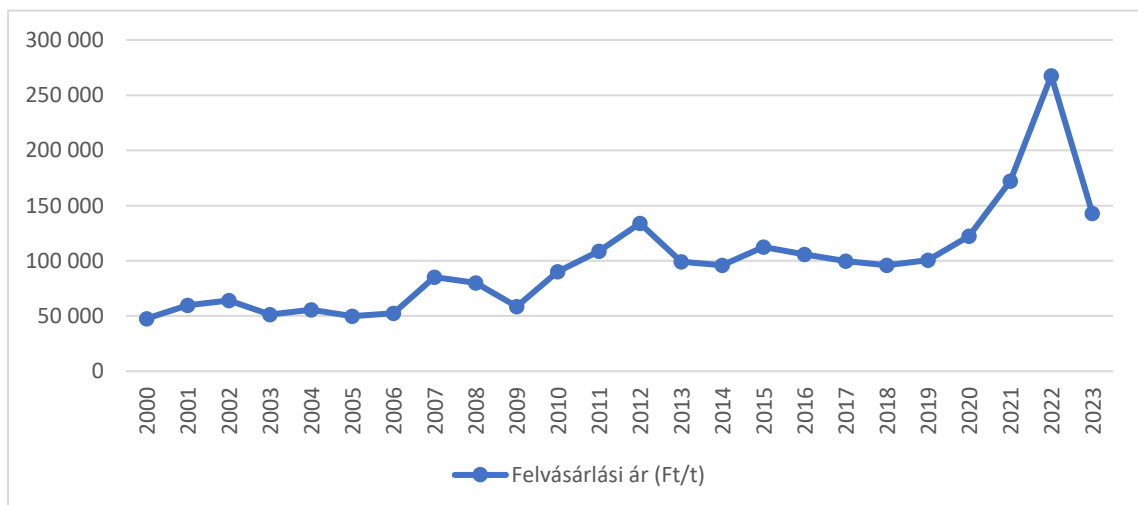
Magyarországi viszonylatban a napraforgó – az őszi búzát és a kukoricát követően - a harmadik legnagyobb területen termesztett szántóföldi növényünk. Termőterülete a 2000-

es évek elején 300.000 hektár volt, mely a folyamatos növekedésének köszönhetően napjainkra elérte a közel 700.000 hektáros nagyságrendet (KSH, 2023) (5.ábra), mely területméret stabilan az európai élvonalba tartozik (FAO, 2022).



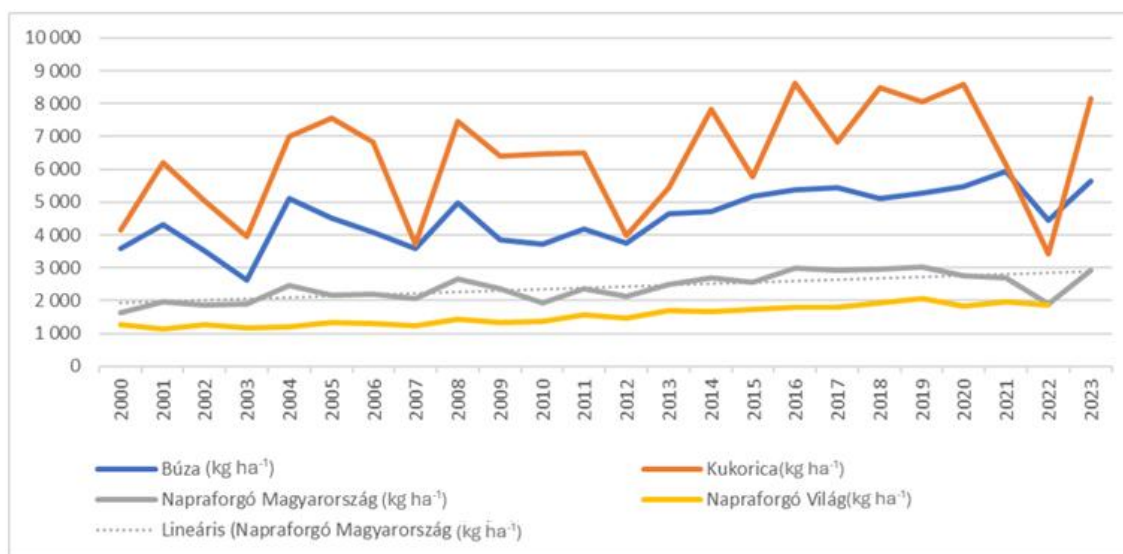
5. ábra. A napraforgó magyarországi termőterülete, 2000-2023. Forrás: KSH, 2023.

Piaci előrejelzések rámutatnak, hogy a Magyarország szomszédjában dúló orosz-ukrán katonai konfliktus mindenképpen hatással lesz az európai mezőgazdaságra, különösen a szántóföldi növények piacára. Tekintettel, hogy az ukrán export a gabona és az olajos növények területén az Európai Unió felé mozdult, nehezen leküzdhető ár versenyt okozva ezzel a tagországok termelőinek. A jövőben termőterület kismértékű ingadozása várható a csökkenő felvásárlási árak miatt romló jövedelmezőségnek köszönhetően (KSH, 2023) (6.ábra).



6. ábra. A napraforgó felvásárlási ára, 2000-2023. Forrás: KSH, 2023.

A napraforgó a klímaváltozás hatására évjáratonként változó módon szélsőségesse váló csapadék viszonyokhoz is az egyik legjobban adaptálódó növényünk. Az egyre kiszámíthatatlanabb időjárási anomáliák a napraforgót kevésbé érintik, mint más szántóföldi kultúrákat. A genetikai előrehaladásnak és a javuló termesztéstechnológiának köszönhetően a napraforgó termesztésében észrevehető egyfajta intenzifikáció, ezáltal a termésátlag is emelkedett. Világszinten is kiemelkedő termésátlagot képvisel a hazai napraforgótermesztés (KSH, 2023) (FAO, 2022) (7.ábra).

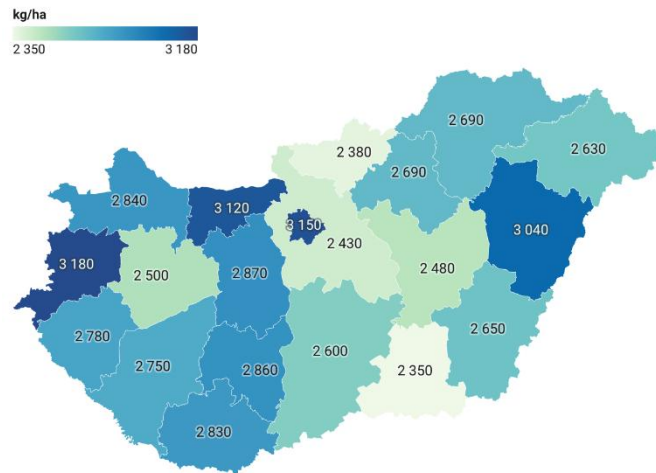


7. ábra. A napraforgó hazai és globális, valamint a búza és a kukorica hazai hozama és annak ingadozása, 2000-2023. Forrás: KSH, 2023; FAO, 2022.

A napraforgó magyarországi termőterülete a kutatás éveiben (2021-2023) 654 693ha (2021), 679 595ha (2022), illetve 674 202ha (2023) volt. A termésátlagok tekintetében az ország dunántúli és észak-keleti vármegyéi kiemelkednek, míg az ország Duna-Tisza közén fekvő, valamint a dél-keleti vármegyek termésátlagai évről évre kisebbek (8. ábra). A termőterület megyei eloszlásában megfigyelhető (9.ábra), hogy a napraforgót a legnagyobb területen az ország keleti-délkeleti vármegyéiben termesztik.

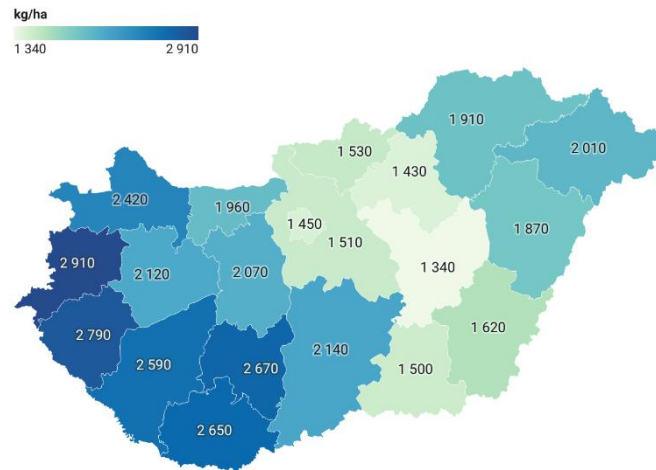
Kutatómunkám során a vizsgált évek időjárási körülményei (évjárat hatás) nagyban befolyásolták a napraforgó hazai terméseredményeit. Az országos termésátlagok jelentős mértékben eltértek, amely 2021-ben 2680kg/ha, 2022-ben 1890kg/ha, míg 2023-ban 2920kg/ha volt. Az egyes hazai termőterületek termelése között is jelentős eltérés mutatkozott, 2021-ben 2350-3180kg/ha, 2022-ben 1340-2910kg/ha, 2023-ban 2240-3320kg/ha közötti vármegyei átlagterméssel (KSH, 2023).

### Napraforgó termésátlag, 2021.



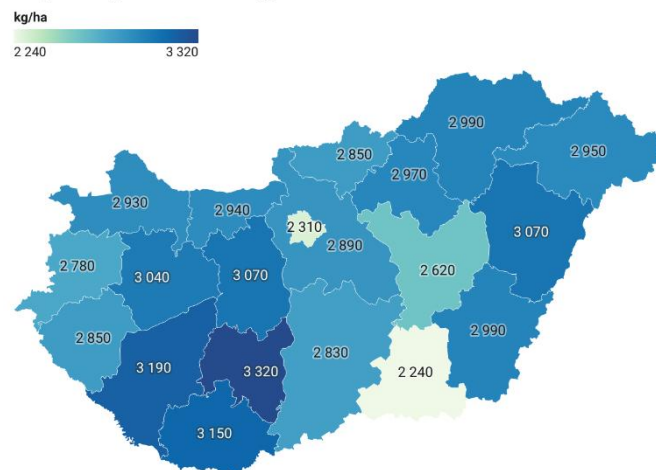
Térképadatok: © OSM · A készítéshez használt program: Datawrapper

### Napraforgó termésátlag, 2022.



Térképadatok: © OSM · A készítéshez használt program: Datawrapper

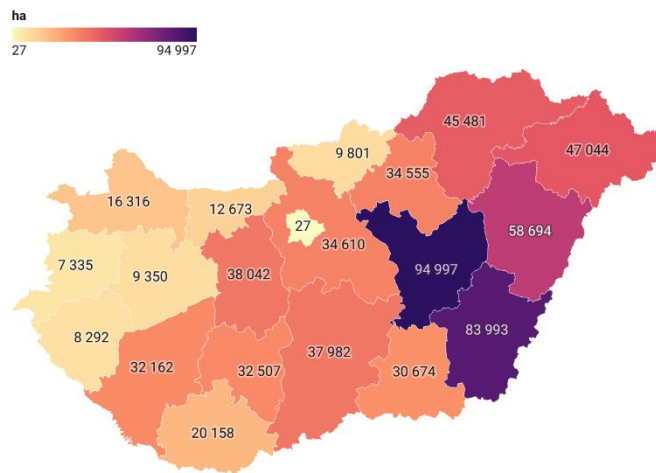
### Napraforgó termésátlag, 2023.



Térképadatok: © OSM · A készítéshez használt program: Datawrapper

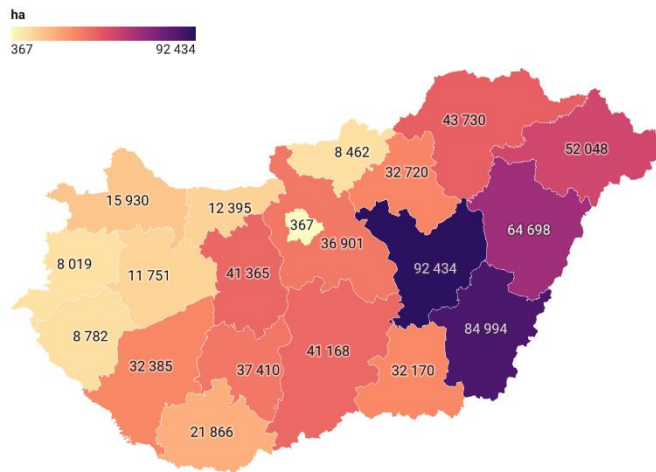
8. ábra. Magyarország napraforgó termésátlagának megyei eloszlása, 2021-2023.  
Forrás: KSH, 2023.

### Napraforgó termőterület, 2021.



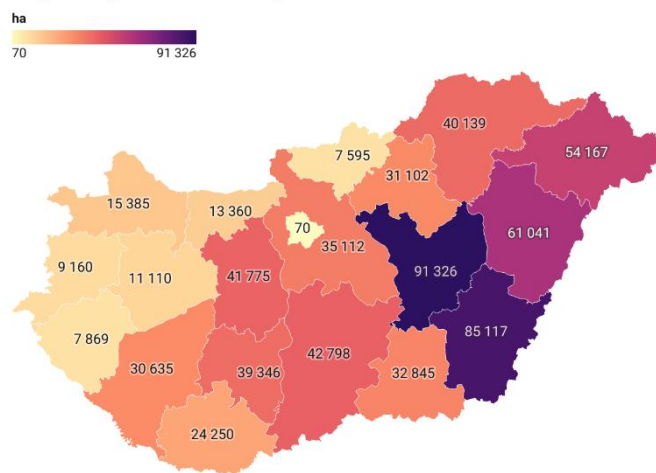
Térképadatok: © OSM • A készítéshez használt program: Datawrapper

### Napraforgó termőterület, 2022.



Térképadatok: © OSM • A készítéshez használt program: Datawrapper

### Napraforgó termőterület, 2023.



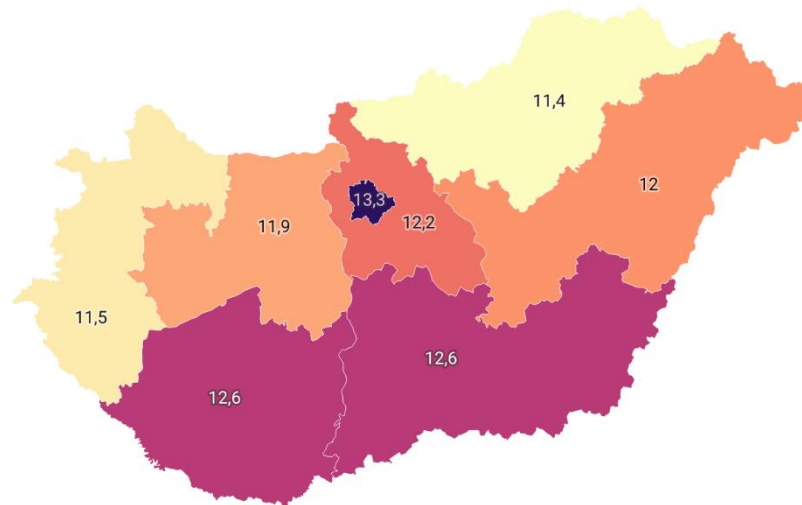
Térképadatok: © OSM • A készítéshez használt program: Datawrapper

9. ábra. Magyarország napraforgó termőterületének megyei eloszlása, 2021-2023.  
Forrás: KSH, 2023.

## 2.2 A napraforgó ökológiai igénye és a környezeti adottságok összefüggései

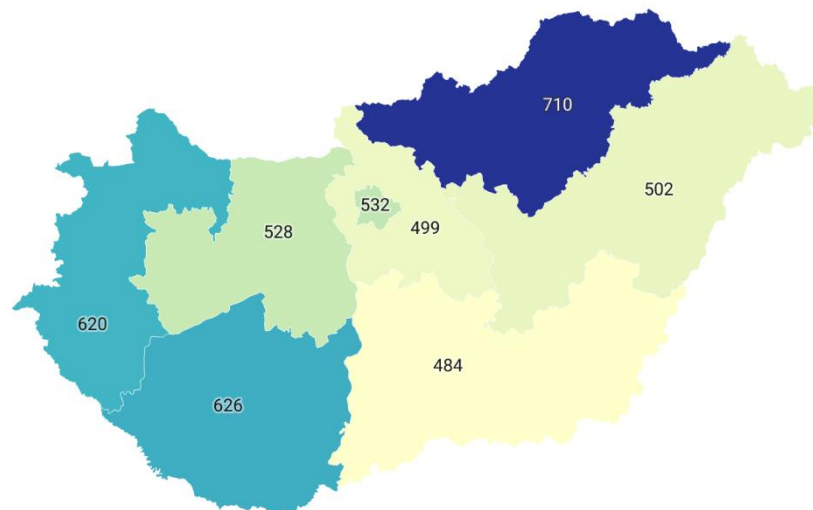
Magyarország időjárását egyszerre befolyásolja kontinentális, mediterrán és óceáni éghajlati hatás. Az ország teljes területe alkalmas a napraforgó termesztésre, mégis az egyes termőterületek időjárási adottságai között jelentős eltérések lehetnek (10. ábra). Ennek megfelelően agrotechnikájának igen sokféle változata alakult ki.

### Átlagos középhőmérséklet, 2019-2023.



A készítéshez használt program: Datawrapper

### Átlagos csapadékösszeg, 2019-2023.



A készítéshez használt program: Datawrapper

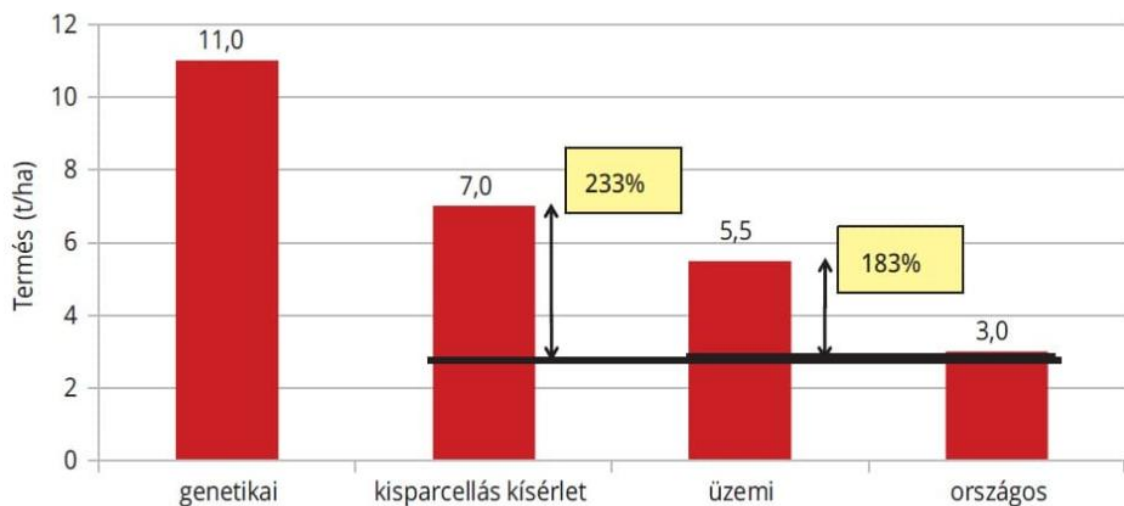
10. ábra. Magyarország átlagos középhőmérsékletének és csapadékösszegének eloszlása régiók szerint. Forrás: KSH, 2023.

Az éghajlati jellemzők tekintetében az Alföld meleg-száraz, északibb részein mérsékelt meleg-száraz, a Dunántúl nagy része mérsékelt nedves, míg nyugati része és az Északi-középhegység mérsékelt hűvös-nedves.

Az ország agroökológiai potenciálját jellemzi, hogy a szakemberek a napraforgó genetikai terméspotenciálját illetően már a 2000-es évek elején 6 t/ha hozamot prognosztizáltak, melyből országosan az alkalmazott agrotechnikákat figyelembe véve, a realizálható termőképességet 2,8 t/ha-ban határozták meg (Láng, 1980).

Napjainkban több kutató és nemesítőház is célul tűzte ki a napraforgó genetikai terméspotenciáljának magasabb szintű kihasználását és a hozam növelését (Pepó, 2018). Ennek eredményeképpen, bemutató projektek keretében beszámoltak 5 t/ha termésmennyiséget meghaladó, valamint egy esetben a napraforgó számára is kedvező időjárású 2023-as évben 6,4 t/ha-os terméseredményről is (Szeleczi, 2024).

A jelenlegi termesztéstechnológiai feltételek mellett a legjobb napraforgóhibridek terméspotenciáljának kb. 30%-át használjuk ki, de a kisparcellás kísérletekben mért eredményekhez (~7 t/ha) képest is a kihasználás mintegy 45% az országos termésátlagokat (~3 t/ha) tekintve (11.ábra).



11. ábra. A napraforgó terméspotenciálja (Pepó, 2024)

A napraforgó sikeres termesztésében a hőmérsékletnek, a csapadéknak, a fénynek és a talajnak döntő szerepe van.

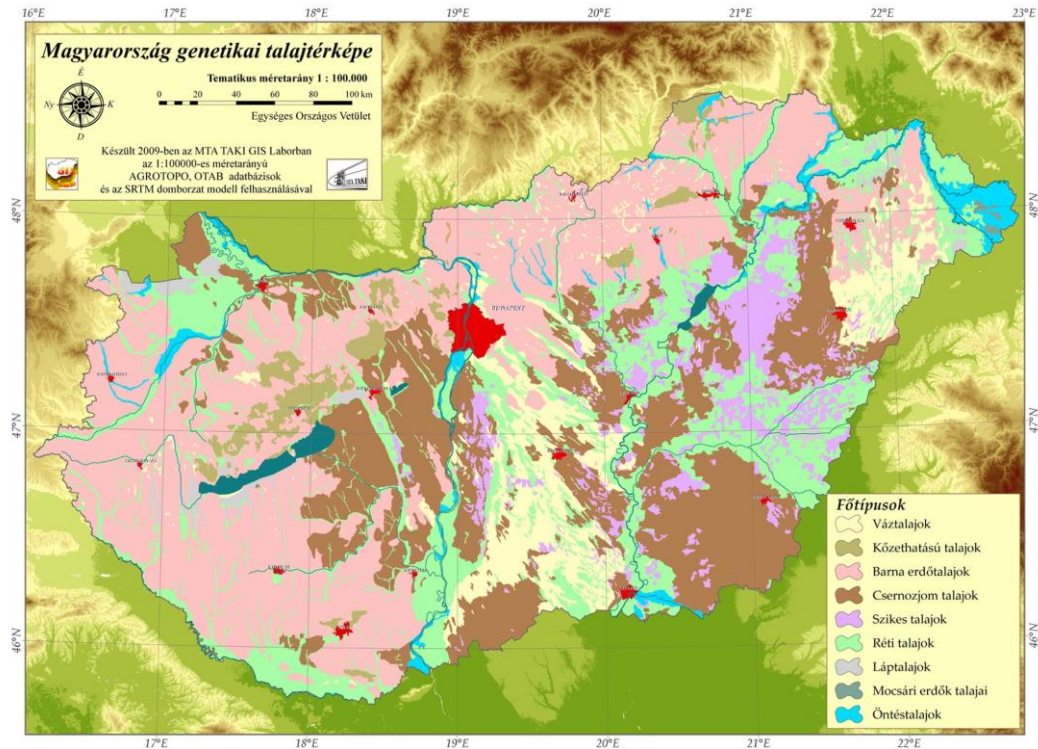
A hőmennyiség szempontjából az aktív hőmérsékletek összege a tenyészidőszak hosszától függően 1600-2800°C között változik, melynek meghatározó szerepe van a napraforgó melegigényes aktív növekedési és virágzási fázisában. Vízfogyasztása is

ebben a fázisban a legnagyobb, a tányérképződés kezdeti szakaszától a virágzás végéig a teljes vízszükséglet több mint felét igényli. Azonban a tényleges párolgás mértéke az évek átlagában a tenyészidőszak nagy részén több, mint az átlagosan lehullott csapadék, ezért a vízhiány alapvetően negatívan befolyásolja a hozamokat (Antal, 1978). Kulcsfontosságú szerepe van a hőmérsékletnek a növény kelésétől a virágzásig tartó időszak hosszában is (Leon et al., 2001). A kaszatok 6°C-os talajhőmérséklet mellett 10 nap alatt csíráznak ki, de a hibridek többsége 10-25°C közötti hőmérsékleten csírázik jól (Zimmermann, 1958). Wang et al. (1997a) kísérleteiben a napraforgó olajtartalma összefüggést mutatott a virágzás stádiumának hőösszegével és az ebben az időszakban mért magasabb átlaghőmérséklet hatására megnőtt az olajtartalom, valamint a szemtelítődés időszakában is meghatározó tényezőnek bizonyult a napi átlaghőmérséklet (Wang et al., 1997b). Egy másik vizsgálat fordított összefüggést talált a napraforgó hozam és a virágzás kezdetétől a kaszat érésig eltelt időszak átlaghőmérséklete között is (Visić, 1991). A napraforgó növény magasságát befolyásolja a tenyészidőszakban mért átlaghőmérséklet is, a magasabb hőmérséklet a növény fokozott növekedését eredményezi (Chaurasia et al., 1995).

A napraforgó termesztést befolyásoló klimatikus tényezők mellett a talajadottságoknak is döntő szerepe van, Magyarország szántóföldi növénytermesztésre alkalmas területeinek nagy részén sikerrel termesztethető. A kiváló minőségű csernozjom talajoktól, a sekélyebb termőrétegű heterogén és a szikes, homokos talajokon is termesztethető. Magyarország genetikusan alkalmasabb talaj típusait tekintve könnyedén megállapítható mely országrészek alkalmasabbak leginkább termesztésére (12.ábra), nyilván a termés hozamok is ennek megfelelően változnak. A napraforgó a jó termőképességű, kiváló szerkezetű talajokon adja a legjobb termést.

A talaj kémhatásával szemben általában közömbös, viszont vizsgálatok szerint a savanyú talajokon betegségei fokozottabb mértékben jelentkeznek (Láng, 1967). Vizsgálatok szerint a napraforgó a legnagyobb termést a vályogos szerkezetű, 6,5-7,5 pH kémhatású csernozjom talajon adta (Gyulai és Nagy, 1995).

A termés mennyiségét meghatározó tényezők közül meghatározóak a talaj nitrogén és foszfor ellátottsága, az időjárás alakulása a vegetációs időszakban, továbbá a vetett hibrid genetikai potenciálja (Geleta et al., 1997).



12. ábra. Magyarország genetikai talajtérképe. Forrás: MTA TAKI

### 2.3 A napraforgó termesztés talajművelési vonatkozásai

A napraforgó termesztés sikerességének meghatározó eleme a megfelelő és okszerű talajművelés. Kulcsfontosságú, hogy az alkalmazott talajművelési rendszer kidolgozásakor figyelembe vegyünk a termőhely környezeti- és talajadottságait. Az eltérő ökológiai viszonyok a legkülönbözőbb talajművelési módokat és sorrendet kívánhatnak meg. Az alkalmazott módszerek kiválasztása a legtöbb esetben az előveteménytől, a talajtípustól, a hőmérséklet és a csapadékviszonyoktól függ. A fő cél, hogy a talajt a lehető legkevesebb művelettel tegyük alkalmassá a napraforgó vetésére. A megfelelő talajműveletek kiválasztásakor továbbá figyelembe kell venni a talajnedvesség minél nagyobb fokú megőrzésének, a gyomosodás csökkentésének, a kártevők gyérítésének, valamint a talaj tápanyagtartalmának és a kijuttatott tápanyagok hasznosulásának fontosságát.

Az említett szempontok mellett érdemes megfontolni az alkalmazott műveletek energetikai és gazdaságossági sajátosságait is.

### 2.3.1 A napraforgó talajművelési rendszere

A hagyományos (forgatásos) talajművelési rendszerekben ősszel az elővetemény betakarítását követően tarlóhántást, tarlóápolást alkalmaznak, majd általánosságban elmondható, hogy az alaptrágyázást követően mély- vagy középmély szántással művelik „feketere” a talajt. A keletkező hantos-barázdás talajfelszín a téli időszak során a hőingadozás repeszi kisebb frakciókra, majd a tavaszi száradást követően simítóboronát vagy magágykészítő kombinátort járattva egyengetik-simítják el a talajfelszín és készítenek magágyat a napraforgó számára. Ez a sokműveletes módszer az ismert rövidtávú eredményessége mellett sok hosszútávon negatív következménnyel is jár, ilyenek pl. a talajszerkezet károsodása, tömörödése, a talajban található szerves anyag csökkenése, és a fokozott erodálhatóság (Birkás, 2003) (1.kép).

A környezetkímélőbbnek tekinthető csökkentet menetszámú talajművelés irányzatait már Campbell 1907-ben (Campbell, 1907) vizsgálta az USA-ban.



1. kép. Őszi szántással előkészített talaj, erősen erodált, elporított, szikes felső talajréteggel (saját felvétel)

Hazánkban Manninger G. Adolf az 1910-es évektől vizsgálódott a talajéletet szabályozó talajművelés hatásait kutatva (Manninger, 1957).

A minimális talajművelés (minimum-till) alkalmazásakor a növényi tarló maradványok egy része a talaj felszínén marad, ezáltal védik azt a környezet káros hatásaitól (Birkás, 2002). Ez esetben a betakarítást követően az időjárástól és az érkező csapadék mennyiségétől függően végzünk tarlókántást vagy hagyjuk kikelni az árvalékést a szalmamulcsban, és a talajt az ősz során - az élő szervezetek mozgását figyelembevéve a talajban (Birkás et al., 2004) - talajlazító vagy nehézkultivátor alkalmazásával forgatás nélkül alap műveljük. A lazítókések kialakításától függően repesztik és kis mértékben forgatják a talajt így kétségtelen, hogy a keverő hatás itt is jelentkezik. A felszín visszatömörítéséről és zárásáról a lazítóval egy menetben járó henger gondoskodik (2-3.kép). Az így kialakított talajból tavasszal magágykészítő kombinátorral készül magágy, illetve a megfelelő vetéstechnológia alkalmazásával ez a művelet akár nélkülözhetővé is válhat.



2.kép. Talajvédő, mulcshagyós közép mélylazítás (saját felvétel)



3. kép. Gumihevederes járószerkezetű erőgép és vontatott eszközhordozóra szerelt középmélylazító (saját felvétel)

E módszer továbbfejlesztett változata a sávós (strip-till) művelés, mely során őszen a kapás sortávnak megfelelő sávokban történik az alapművelés és tápanyagkijuttatás, tavasszal pedig ezekbe a sávokba történik a vetés, de találkozhatunk már tavasszal a vetéssel egy menetben történő sávós talajműveléssel is.

Az említett precíziós vetőgépek alkalmazása - melynek lehetőségét a GPS technológia fejlődése és mezőgazdasági felhasználásának elterjedése teremtette meg (Stafford et al., 1994) - jelentős technológiai előrelépést jelentett a napraforgó vetésében is a tőtávolság és a maglehelyezés pontosságában. A technológiai lehetőségek egészen addig terjednek már, hogy a szántóföldi gyakorlatban gyakran tapasztalható kukorica-napraforgó vetésváltás esetén az őszen betakarított kukoricát követően nem történik alapművelés, hanem tavasszal a kukoricatarlóba direktbe történik a vetés (no-till) a kapás sortáv eltolásával, a vetéssel egy menetben talajfertőtlenítőszer és tápanyag kijuttatásával. A talaj „lazítását” ez esetben a nyári időszakban kiszáradt talaj őszi-téli csapadékkal való feltöltődése idézi elő a talaj kapillárisai mentén történő természetes repesztő hatás következtében. Az említett repesztő-lazító hatás biztosítására az innovatívabb termelők a legkülönbözőbb összetételű talajvédő-talajtakaró-talajlazító köztes növénykeverékeket vetnek a kalászosarlóba. A növények téli kifagyását vagy tavaszi kémiai terminálását követően direktbe vetik a napraforgót a már szintén említett módszerrel (4.kép).



4. kép. Olajretek talajvédő köztesnövényként történő alkalmazása (saját felvételek)

Az említett forgatás nélküli talajművelési módszerek, azok kombinációi és a módszerek összesége alkotta talajvédő talajművelési rendszerek (conservation tillage) - nedvesség-energia- és költségtakarékos jellegük miatt (Zsembeli et al., 2015) - fokozatosan terjednek napjaink napraforgó termelési gyakorlatában.

#### **2.4 A fenntartható mezőgazdasági termelés és a mezőgazdasági technológia fejlődésének kapcsolata**

A magyar mezőgazdaság és szántóföldi növénytermesztés évezredes történelme során mindig az adott kor technológiai színvonalának megfelelő, a takarmányozás és élelmiszertermelés igényeit kielégítő termelés folyt (Estók et al., 2002). Napjaink technológiáját „precíziósnek” hívjuk, míg a 20.századot megelőző történelmi időszakban „kézművesnek” nevezték azt a technológiát, amely törekedett a lehető legtöbb és legjobb minőségű növényi terméket előállítani. Az adott növény igényeit legjobban kielégítő termőhely helyes megválasztásának, a megfelelő mennyiségű víz biztosításának, az elegendő mennyiségű tápanyagok utánpótlásának igénye a lehető legkisebb felmerülő költségek mellett arra ösztönözte a földművest, hogy egyedi növény szinten is

figyelemmel kísérje és beavatkozzon a rendelkezésre álló eszközeivel a termelés sikerességének érdekében.

A mai modern mezőgazdaság a rendelkezésre álló csúcstechnológia alkalmazásával hasonló alapelveket követ, amely törekszik a termesztett növény egyedi igényeihez és a termőhelyi adottságokhoz leginkább alkalmazkodó költséghatékony termesztéstechnológiát megvalósítani (13.ábra).

Ami az idők során változott az a művelt terület nagysága, míg a hagyományokon alapuló megfigyeléseket a szenzoros érzékeléssel gyűjtött adatok és a térinformatika, az állati vonóerőt a nagyteljesítményű traktorok, a kézművesszerszámokat a precíziós munkagépek helyettesítik manapság (Monoki, 2021).

A precíziós növénytermesztési technológiában jelentkező hatékonyságnövelő, energia- és inputanyag takarékos műszaki megoldások alkalmazása ma már a legtöbb gazdaságban jelen van.

<b>1.0 hagyományos mezőgazdaság</b>	1784-1870 körüli	<ul style="list-style-type: none"> <li>• az emberi és állati erőforrások</li> <li>• kézimunka szükséglet</li> </ul> fő probléma: a működés alacsony hatékonysága
<b>2.0 gépesített mezőgazdaság</b>	20. század	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gépesítés, traktorok megjelenése</li> <li>• műtrágya és növényvédőszer használat</li> <li>• minőségi vetőmagok</li> <li>• termés növekedés</li> <li>• hatékonyság növelés</li> </ul> fő probléma az erőforrások nem hatékony felhasználása
<b>3.0 automatikus mezőgazdaság</b>	1992-2017 között	<ul style="list-style-type: none"> <li>• új agrotechnikai gyakorlat</li> <li>• automata kormányzási rendszerek</li> <li>• termény térképezés, telematika</li> <li>• változtatható adagú kijuttatás</li> <li>• adat feldolgozás</li> </ul> fő probléma az alacsony intelligencia
<b>4.0 intelligens mezőgazdaság</b>	2017-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a modern információs technológia alkalmazása</li> <li>• pilóta nélküli működés</li> <li>• valós idejű gazdaságirányítási rendszerek</li> <li>• hozzáadott értékű szolgáltatások</li> <li>• automatizálási képesség</li> <li>• fejlett feldolgozási folyamatok és élelmiszerérték-láncok (adat platformok)</li> </ul> fő probléma a megfelelő kapacitás

13. ábra. A mezőgazdaság fejlődése. Forrás: Vértesy, 2023.

A precíziós technológia alapjait a nagy pontosságú globális helymeghatározó rendszerek kialakulása és fejlődése teremtette meg, melyek pontossága napjainkra méter alattira finomodott.

A precíziós növénytermesztés legfontosabb célkitűzése, hogy a művelésbe vont területet minél kisebb egységekben definiálva határozzuk meg az adott munkaművelet szükségességét és a kijuttatott anyagok mennyiségét (Szűcs et al., 2007), további lényegi

eleme a termőhelyi viszonyokhoz való minél pontosabb termesztéstechnológiai alkalmazkodás (Jolánkai et al., 2007).

#### *2.4.1 A precíziós növénytermesztés jelentősége*

A szakirodalom szerint precíziós növénytermesztés (termőhelyspecifikus növénytermesztés) olyan termelési rendszer, amelynek célja meghatározni, elemezni és „kezelni” a művelt területen belül előforduló a talaj-, tér- és időbeli változékonyságokat (Moore et al., 1993).

A rendszer nagy teljesítménye és egyben a termőterület változékonyságát is figyelembe vevő jellege miatt sokan a jövő mezőgazdasági termelésének kulcsfontosságú elemeként tekintenek rá (Neményi et al., 2001).

A túlzó elvárások a technológia alkalmazásának gazdaságosságával szemben azonban nem indokoltak. A technológia a kezdeti szakaszban és később a folyamatos fejlesztési lehetőségek miatt is nagyobb pénzügyi befektetéssel jár, amely csak akkor térül meg ha kapacitásait a megfelelő méretben és magas határfokkal vagyunk képesek kihasználni (Takácsné, 2006).

A precíziós növénytermesztés vitathatatlan előnye, hogy a korábbinál sokkal több és részletesebb információt szolgáltat a művelt területekről, melyben a művelési egységek (zónák) a gazdálkodás alapegységei, így a művelt területen belüli változékonyság kimutathatóvá és kezelhetővé válik (Pecze et al., 2001).

#### *2.4.2 A precíziós növénytermesztés tudományos háttere, eszközrendszere*

A precíziós növénytermesztés technológiájának alapja a műholdas helymeghatározás, melynek segítségével a munkaeszköz pontos helyzetének meghatározása és mozgásának irányítása is megtörténik. A Föld körül keringő műholdak további fontos funkciója, hogy szenzortechnológiai lehetőségeikhez mérten folyamatosan monitorozzák a földfelszínt és arról térinformatikailag értelmezhető információkat szolgáltatnak.

Napjainkban műholdas jeleket sugároznak a GNSS (Global Navigation Satellite Systems) műholdas alrendszerei: az amerikai NAVSTAR GPS, az orosz GLONASSZ, az Európai Unió által működtetett GALILEO, valamint a Kína által létrehozott BeiDou műholdas helymeghatározó és navigációs rendszerek (1.táblázat).

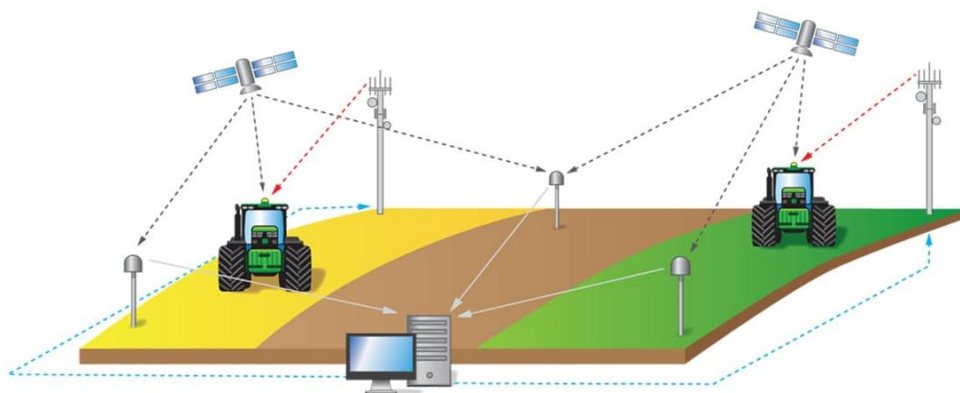
1. táblázat. A GNSS rendszer műholdas alrendszereinek legfontosabb jellemzői.  
 Forrás: Balatofoutis, 2017.

Rendszer	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
Tulajdonos	USA	Oroszország	Europai Unió	Kína
Webhely	www.gps.gov	www.glonass-iac.ru	www.gsa.europa.eu	en.beidou.gov.cn
Típus	Katonai	Katonai	Polgári Kereskedelmi	Katonai Kereskedelmi
Kódolás	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA
Orbitális magasság	20,180 km	19,130 km	23,222 km	21,150 km
Pontosság	5 m	3–10 m	1 m 0,01 m titkosítva	10 m 0,01 m titkosítva
Periódus	11.97 óra	11.26 óra	14.08 óra	12.63 óra
N° műholdak	31	28 + 2 + 2	4 + 8 + 22	5 + 30
Bevezetés	1995	2015	2020	2012, 2020

Megemlítendő, hogy 2022-ben publikáltak egy olyan alternatív helymeghatározó rendszer fejlesztéséről, amely pontosabb lehet, mint a GPS, különösen városias környezetben. Az új mobilhálózati alapon működő rendszer a tesztelés során 10 centiméteres pontosságot ért el (Koelemeijk et al., 2022).

Mind a négy műholdas rendszer esetében három alrendszert különböztetünk meg: műholdak (űrszolgálat), földi követőállomások és a felhasználók (vevőberendezések).

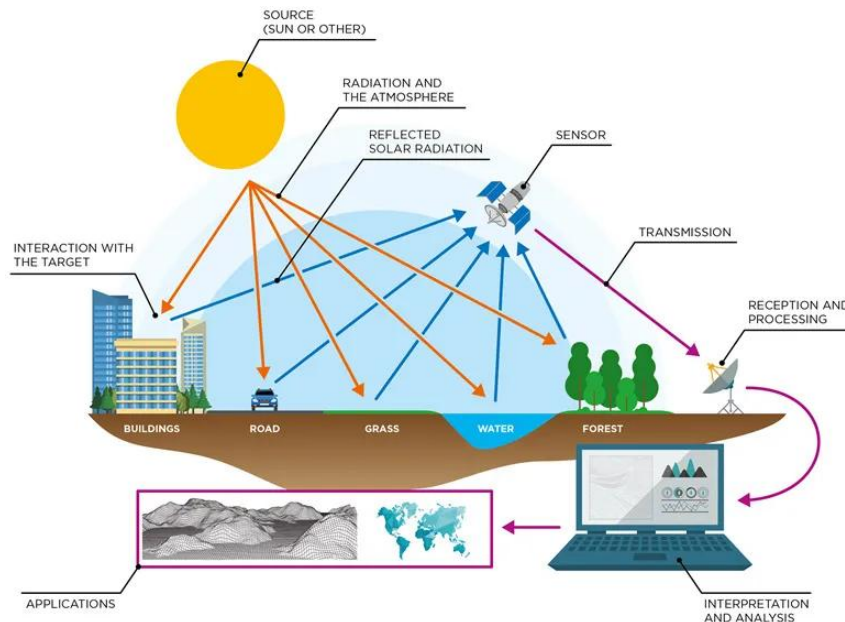
A valós idejű relatív helymeghatározás az RTK (real-time kinematic) technológia szoftveres és kommunikációs megvalósításával jött létre (Ádám et al., 2004) (14.ábra). Ez a 0,01-0,1m-es (jellemzően  $\pm 1$  inch  $\approx 2,54$ cm) geodéziai pontosságú alkalmazás, ma már alapvető a precíziós növénytermesztési technológiák, különösen a változó tőszámmal történő vetés technikájának alkalmazásakor.



14. ábra. RTK rendszer működése. Forrás: Deere & Company., 2024.

### 2.4.3 A műholdas távérzékelés alkalmazása a precíziós növénytermesztésben

A műholdas távérzékelés egy olyan adatnyerési eljárás, amelynek során a földfelszín bizonyos tulajdonságairól anélkül jutunk adatokhoz, hogy azzal közvetlenül kapcsolatba lépnénk (15.ábra).

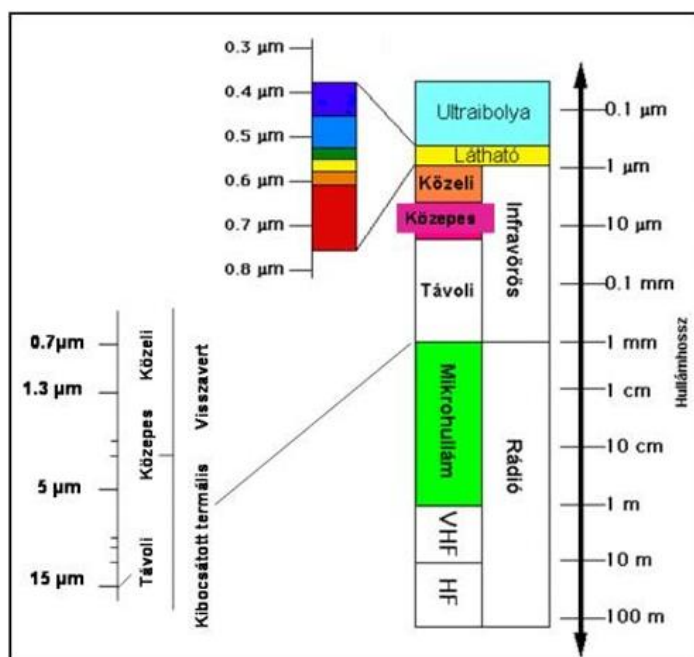


15. ábra. A műholdas távérzékelés elvi folyamata. Forrás: Geolearn, 2020.

Az adatnyerés az elektromágneses energia (napenergia) közvetítésével történik. Az érzékelő rendszerek a látható fény egyes sávjaival, az infravörös sávokkal vagy mikrohullámokkal dolgoznak (Ravi P., 2003).

A távérzékelés során a leggyakrabban használt spektrális tartományok és elektromágneses sugárzásuk hullámhossza ( $\lambda$ ) a következő (16.ábra):

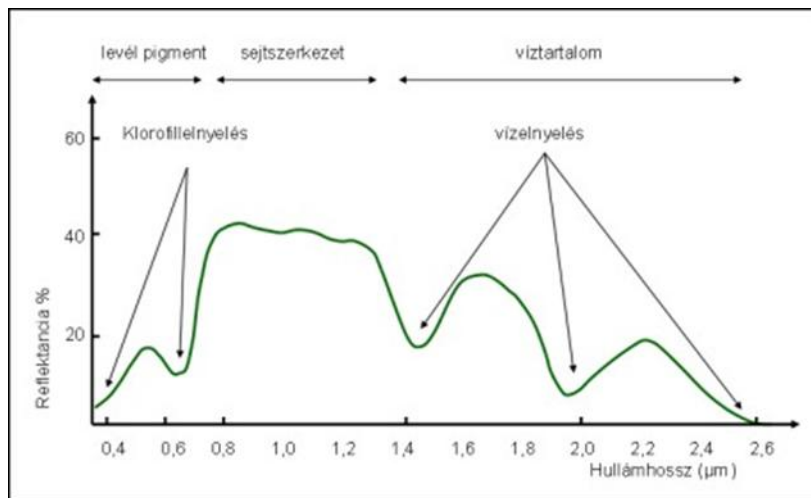
- a látható fény tartománya (VIS) ( $\lambda=0,4-0,7\mu\text{m}$ ),
- az infravörös tartomány a távérzékelés szempontjából három részre bontható:
  - a közeli infravörös (NIR) ( $\lambda=0,7-1,3\mu\text{m}$ ),
  - a közép infravörös (MIR) ( $\lambda=1,3-3,0\mu\text{m}$ ),
  - a távoli (terminális) infravörös (TIR) ( $\lambda=3-15\mu\text{m}$ ),
- a mikrohullámú tartomány ( $\lambda=1\text{mm}-1\text{m}$ ).



16. ábra. Elektromágneses spektrumok és az érzékelési tartományok.  
 Forrás: Sárközi, 1991.

A precíziós növénytermesztés számára a műholdas távérzékelés legnagyobb előnye az, hogy a gyűjtött adatok alapján rövid idő alatt nagy területen válik lehetővé a földfelszíni növényi vegetáció vizsgálata (Veróné W., 2011).

Campbell (2002) a következőképpen írja le a növények távérzékelés szempontjából fontos tulajdonságát: a levelekben található fotoszintetikus festékanyagok a látható fény tartományban a napsugarak jó részét visszaverik. A közeli infravörös tartomány visszaverődése a levelekben található ligninnek és cellulóznak (amelyek a mezofillumiban található) köszönhető. A növények intenzív növekedése során a vörös spektrális sávban a fotoszintézis következtében növekszik az elnyelés, ezzel szemben a közeli infravörös tartományban az elnyelés csökken, így a reflektancia növekszik. A folyamatok következtében a vegetációs indexek a vörös és a közeli infravörös tartományok felhasználásával jönnek létre (Ashner, 1998) (17.ábra). Disszertációmban a távérzékelte adatok forrása a Sentinel-2 szériájú műholdak által készített űrfelvételek. A Sentinel-2 műholdak nagyfelbontású, a látható és infravörös fénytartományban összesen 13 különböző hullámhosszon készítenek felvételeket bolygónk felszínéről 10, 20 és 60 m felszíni felbontással, 290 km széles sávokban, legfeljebb 10 napos visszatérési idővel. A két egymással szemben haladó műhold pályájának geometriája azonos, így a Föld áttellenes oldalai fölött repülve öt napos visszatérési idővel monitorozzák annak felszínét.



17. ábra. Az egészséges növényzet reflektanciáját meghatározó tényezők.  
Forrás: Ravi P., 1991.

#### 2.4.4 A műholdas távérzékelés és a térinformatika kapcsolata a precíziós növénytermesztésben

Napjainkban a térinformatika (Geographical Information System, GIS) a térbeli adatok elemzésének megkerülhetetlen eszköze, melyet Blackmoore (1994) egy olyan szoftveres alkalmazásnak ír le, amelyet a térbeli adatok kezelésére fejlesztettek ki. A térinformatikai elemzés során a rendszer a rendelkezésre álló adatok alapján olyan új adatokat, valamint összefüggéseket képes bemutatni, amelyek az alapadatok alapján addig nem voltak nyilvánvalóak (Remetey, et al., 1993).

A távérzékelés egy olyan integrált információszerző módszer, amely nagy területekről készített légi- és űrfelvételekből objektív módon képes adatokat gyűjteni, az adatokat képes feldolgozni, valamint elemzésre alkalmassá tenni (Verőné W., 2011).

A műholdak által készített képek elemi pixeleinek megjelenítése során az alapinformációt a multispektrális felvétel egyes sávjaiból készített színekompozitok adják, melyek lehetnek színhelyes és hamisszínesek. A növényi vegetáció vizsgálatánál leginkább alkalmazott hamisszínes színekompozit előállításánál a vegetáció vörös színnel jelenik meg. A sávok között számított ún. vegetációs indexek kiválóan alkalmasak a vegetáció monitorozására. Az ilyen típusú indexek számításához általában a látható fény vörös (RED) tartományába eső sávot és közeli (NIR) sávot használjuk, melyek elsősorban a növényzet jelenlétének és állapotának jellemzésére használhatóak.

#### 2.4.5 A precíziós növénytermesztést támogató technológiai megoldások jelene és jövője

A precíziós növénytermesztési technológiák sikeres tengerentúli alkalmazásának és a kedvező tapasztalatoknak köszönhetően az európai termelésben, így Magyarországon is megjelentek a precíziós növénytermesztési technológiát megvalósító gazdaságok (18.ábra). 2023-ban a gazdaságok mintegy 9,8%-a használt a precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó eszközt, leggyakrabban automata kormányzást alkalmaztak a gazdaságok 5,4%-ában, ami 1,4 százalékponttal magasabb mint 2020-ban.

Gyakori a változó mennyiséggel zónánként differenciáltan történő anyagok kijuttatása úgy, mint a vetés, ültetés, tápanyag-kijuttatás, öntözés, növényvédelem. Azonban a szigorodó szabályozások miatt csökkent a drónok használata és az egyéb a növények állapotát monitorozó műveletek aránya 2020-hoz képest (KSH, 2023).



18. ábra. Agrárcenzus eredményei – agrárdigitalizáció. Forrás: KSH, 2020.

A fejlődés a precíziós növénytermesztés digitalizációjában egyre gyorsul (19.ábra). Az előzőekben említett műveletek élő munka igénye a robotizáció alkalmazásával csökkenthető, mely a termelési költségekre hat ki. A természeti és gazdasági nehézségekkel is sújtott ágazat számára ez hozhat várhatóan előnyöket. A precíziós technikákkal kijuttatott tápanyagokkal a táblaszintű tápanyag-utánpótláshoz képest költséget takarítunk meg, egyben csökkentjük a felesleges környezeti terhelést továbbá biztosítjuk a növény optimálisabb tápanyag-ellátottságát (Dobos, 2013). A technológiai fejlődés irányába a legújabb agrárgazdálkodási irányelvek szempontrendszere is beilleszthető. Ma már egyre több gazdaságban törekednek a forgatásos talajművelés teljes elhagyására vagy a művelet munkamélységének csökkentésére, a szerveztrágyázás

rendszerének újragondolására, a hulladékmentes termelés, a körforgásos mezőgazdaság, vagyis a zöldítés más elemeinek hangsúlyosabb szerepeltetésére a termelési gyakorlatban (Európai Parlament, 2023).

19. ábra. A digitális mezőgazdaság fejlődése. Forrás: Duncan et al., 2021.



A jövő mezőgazdaságában a technológiai fejlődés irányának az emberi kéz érintése nélküli (Hands Free), szenzorok, IoT rendszerek (Internet of Things, hálózatba kötött intelligens eszközök), önvezető gépek összehangolásának segítségével végzett növénytermelés tűnik, melynek működtetésében egyre növekvő szerep jut a mesterséges intelligencia (AI) alkalmazásának is (20.ábra).

20. ábra. Az adatalapú technológia mezőgazdasága, a robotizáció és a mesterséges intelligencia alkalmazása. Forrás: CB Insights, 2017.

## 2.5 Precíziós napraforgótermesztés

Ugyan a napraforgót, mint a környezeti hatások változásához extrém mértékben alkalmazkodni képes növényt ismerjük, mégis az elmúlt évek kutatásai alapján megállapítható, hogy a napraforgó esetében is meghatározó fontosságú a hektáronkénti

tőszám és az egységnyi rendelkezésre álló tenyészterület (McMaster et al., 2012), melynek meghatározó jellemzője a tőtávolság egyenletessége (Altikat, 2013). Az elérhető legpontosabb tőtávolság egyenletesség a természetstechnológiai rendszerekhez alkalmazkodó vetéstechnológiánként más és más, mely nagyban függ az alkalmazott vetőgép műszaki megoldásaitól és a vetőgép beállításától is (Aikins et al., 2020).

A forgatásos talajművelési rendszerben a talajfelszínen nem, vagy csak csekély mértékű tarlómaradvány található, mellyel együtt az elművelt talajszerkezet támasztja a legkisebb kihívást a vetőgép műszaki megoldásaival kapcsolatban. A talajéletre és vízháztartásra gyakorolt káros hatásai, valamint talajromboló sajátosságai miatt azonban egyre több gazdálkodót késztet eddigi talajművelési gyakorlatának átgondolására (Llanders et al., 2013).

A forgatás nélküli, illetve a no-till művelési rendszerek magasabb szintű műszaki megoldásokat követelnek meg (Morrison et al., 1988) (Lekavičienė et al., 2019). Ezekben a művelési rendszerekben a vetőgépeknek egyszerre kell gondoskodniuk a talajfelszínen található szármagmaradványok kezeléséről, a napraforgó számára alkalmas magágy elkészítéséről, az optimális vetőmag-talaj kapcsolatról és a lehető legegyszerűsebb tőtávolság biztosításáról (Godwin, 1990). A termelési költség csökkentésének szempontjából pedig fontos szempont a vetéssel egy menetben kijuttatható változó dózisu tápanyag (Singh et al., 2012).

A különböző agronómiai és műszaki innovációkkal rendelkező precíziós mezőgazdaság döntő szerepet játszik a napraforgótermés optimalizálásában az egyenletes növényeloszlás, a rendelkezésre álló víz és a talaj tápanyagainak optimális hasznosítása révén (Naresh et al., 2024). A különböző agrotechnológiai innovációk rendkívül fontosak a változó klimatikus viszonyokhoz való alkalmazkodás során (Debaeke et al., 2021). A különböző agronómiai paraméterek, mint például a termőhelyi sajátosságok, a talajjellemzők térbeli változékonysága (Zhukov et al., 2017) (Goderya, 1998), a precíziós vetéstechnikák és gépek (Verma et al., 2018), a megfelelő termőhelyspecifikus tápanyagutánpótlási jellemzők (Ali et al., 2013) (Ren et al., 2022) jelentősen befolyásolják a napraforgó terméshozamát a különböző termesztési rendszerekben (Kussul et al., 2022).

A talaj tulajdonságainak térbeli változékonysága, mint például a talajszerkezet, a nedvességtartalom és a tápanyagok elérhetősége közvetlenül befolyásolják a vetés minőségét, a vetőmagok csírázását és a kelés dinamikáját (Bakanogullari et al., 2018)

(Maestre et al., 2003). A szervesanyag-tartalom, a talaj tömörödöttsége és a mikordomborzat változása a talaj vízmegtartó képességére van hatással, befolyásolva a gyökerek fejlődését és a tápanyagfelvételt (Langeroodi, 2015). Ezen túlmenően a talajművelésben és a csírázási zónában lévő talaj nedvességtartalmában és hőmérsékletében mutatkozó különbségek befolyásolják a napraforgó vigorát, ezért fontos a megfelelő helyspecifikus talajművelési mód kiválasztása a magágykészítés előtt (Celik et al., 2013).

A precíziós vetés célja az említett hatások következményeinek csökkentése, az egyenletes növényesítés és vetésmélység biztosítása, mely tényezők elengedhetetlenek az egységes állomány és a magas hozam kialakulásához (Monoki et al., 2022) (Celik et al., 2007) (Ahmad et al., 2021). Mindazonáltal a táblák heterogenitása a növények egyenetlen eloszlásához vezethet, ami befolyásolja a növények közötti versenyt az erőforrásokért és végsősoron a hozam mértékét is (Önal et al., 2012). A precíziós vetés eredményessége nagymértékben függ a vetéshez használt gépek technológiai szempontjaitól és paramétereitől (Zhao et al., 2023). A nagy pontosságú RTK vezérelt automata kormányzással és automatizált vetésmélységtartással felszerelt precíziós vetőgépek technológiai lehetőségeikből fakadóan elősegítik az egységes növényállomány kialakulását (Altikat et al., 2013) (Perez-Ruiz et al., 2021). Olyan tényezők, mint a vetési sebesség, a talajviszonyokhoz igazodó csoroszlya nyomásszabályozás jelentősen befolyásolják a tőtávolság egyenletességét (Altikat, 2013) (Kryuchin et al., 2021) (Lu et al., 2022). A nagysebességű vetés a vetőmagok nagyfokú pattogását okozza a vetőgépen belül és a magárokban is, mely szabálytalan maglehelyezéshez és így tőtávolsághoz vezethet, míg a megfelelő sebességmegválasztás és gépi kalibráció elősegíti az optimális kelést és növényállomány kialakulását (Badua et al., 2021).

A különböző napraforgó-genotípusok eltérően reagálnak a vetés körülményeire, amely alapvetően befolyásolja a csírázó növények vigorát, a gyökérfejlődést, valamint a talaj változékonyságához és a változó termőképességű zónák sajátosságaihoz való alkalmazkodást (Baross et al., 2004). A magas kelési potenciállal és stressztűrő képességgel rendelkező genotípusok kiválasztása kritikus fontosságú a termés maximalizálásához a táblán belül változó termőképességű területeken (Casadebaig et al., 2022). A precíziós vetéstechnológiák, mint például a differenciált tőszámú vetés, a talaj termőképessége alapján optimalizálhatják a növényállomány sűrűségét, javítva a

rendelkezésre álló nedvesség és tápanyag felhasználásának hatékonyságát és ezzel a termésstabilitást (Munnaf et al., 2020) (Pereira et al., 2019).

A rendelkezésre álló genetikai erőforrások, a termesztéstechnológiai elemek, valamint az ökológiai tényezők a termés összes paraméterére egyaránt jelentős hatással vannak (Pepó, 1999). A termesztésben használt hibridek termőképessége és olajtartalma megnövekedett az elmúlt évtizedek során és ez a tendencia jelenleg is tart, mely azonban fokozta a hibridek agroökológiai és termesztéstechnikai elemekkel szembeni érzékenységét is (Borbélyné, 2002). Ennek eredményeként a termesztett hibridekre már egyre kevésbé jellemző, hogy extenzív körülmények között gazdaságosan termeszthetők. Az elmúlt évtizedek egyre szélsőségesebbé váló időjárása miatt a napraforgótermesztés kockázata is megnövekedett és a termésbiztonság a napraforgó esetében is fontos kérdéssé vált (Pepó et al., 2002). Elkezdődött az a folyamat, amely a napraforgó esetében is a figyelmet az olyan precíziós termesztéstechnológiai megoldások felé irányította, melyek enyhíthetik az éghajlati tényezők káros hatásai miatt bekövetkező gazdasági károkat. A gazdaságilag is hatékony napraforgótermesztés érdekében hibridspecifikus termesztéstechnológiák alkalmazása vált szükségessé. A hibrid és környezet interakcióban vizsgálva a hektáronkénti tőszám komplex befolyásoló tényezőként jelent meg a napraforgó terméseredményeiben (Szabó et al., 2005).

A technológiai fegyelem betartása kulcsfontosságú a termelés során, hiszen ezen múlik, hogy a terméspotenciál az adott termőhelyi körülmények között milyen mértékben használható ki. A termésbiztonság növelését figyelembe véve pedig elengedhetetlen az egyes elemek optimalizálása. Az adott napraforgó hibridnek megfelelő vetéstechnológia alkalmazása meghatározó a termesztés sikerességének érdekében, így a vetéstechnológiával kapcsolatos vizsgálatok jelentősége felértékelődött (Zsombik, 2001). A precíziós vetéstechnológiák optimalizálása a napraforgótermesztésben megköveteli a termesztést befolyásoló tényezők átfogó megértését, miközben integrálja a fejlett szenzoros technológiákat, a valós idejű talajtérképezést és az adaptív vetési stratégiákat a vetés hatékonyságának és a termés hozam növelésének érdekében.

### *2.5.1 Az optimális tőszám*

A legtöbb növény esetében, így a napraforgó termelésének szempontjából is meghatározó termesztéstechnológiai elem a vetés és a sikerességének eredményeképpen megvalósuló kelés. A kelés körülményei rendkívüli hatással vannak a növény kondíciójára és így a

termés mennyiségére és minőségére is a későbbiekben. Fontos, hogy a vetésre előkészített talaj állapotának, a választott hibrid genotípusának, a rendelkezésre álló vetéstechnika és az alkalmazott agrotechnikai elemek összességének megfelelően válasszuk ki az optimális (vagy ahhoz legjobban közelítő) vetésidőt, tőszámot és a talajban tárolt vagy várható csapadék mértékének megfelelő vetésmélységet (Önemli, 2004).

A kukorica esetében mára már nyilvánvaló vált, hogy mekkora szerepe van nemcsak a kelés-, de a tőtávolság egyenletességének is a növénykondíció és a későbbi termés szempontjából is (Nagy, 1996). Ugyan ez a tényező a napraforgó szempontjából sem elhanyagolható, hiszen a túlsűrítés kórtani és egyéb problémákat (többek között túlzott kompetíciós stresszt), míg a tőhiány gyomosodást okozhat. Mindkét esetben az eredmény a kieső termés vagy a romló minőség, mely gazdaságilag rontja az eredményt (Monoki et al., 2023).

A legtöbb nemesítő a hektáronkénti 50-60 000 termő tőszámot javasolja a forgalmazott hibridek esetében. De az egyes hibridek optimális tőszámában mégis nagy különbségek lehetnek, melyek jórészt genetikailag determináltak (Németh et al., 1998). A hibridek kórtani ellenállóképessége sem egyforma, az egyes gombás betegségekre rezisztens hibridek e tulajdonságuknál fogva jobban sűríthetők, míg mások érzékenyen reagálnak a túl sűrű, zárt mikroklímájú állományokban. A sűrítetőség szempontjából előnyösebb az alacsonyabb, vastagabb szár, melynél lényegesen alacsonyabb a betegségek nyomán kialakuló szárdőlés vagy tányér alatti szártörés (Mojiri et al., 2033), viszont az állomány sűrítésével a szárátmérő csökken (Sanches et al., 2000), ahogy az egy növényre számított biomassa tömege is (Aguilar et al., 2002). Napjaink növényvédelmi technológiájában újdonság a napraforgó növekedésszabályozása, mely erre a problémára igyekszik megoldást kínálni (Spitzer et al., 2018).

A köztermesztésben forgalmazott hibridek alapvetően kiváló csírázóképeségűek, de előfordulhatnak 90% vagy akár kismértékben még ettől is gyengébb csíráképeségű tételek is, melyre érdemes odafigyelni a vetési tőszám kalkulációjakor. További fontos tulajdonság a választott hibrid csírázási erélye és vigora is. Általános számítási mód, amikor a várt termő tőszámnál 8-10%-kal magasabb a vetett tőszám mértéke. Érdemes megemlíteni, hogy a jól előkészített magágyban jobb kelési arány várható, mint a rosszabb szerkezetű talajokon. A magágy előkészítése és a tőszám megfontolása ebben az összefüggésben leginkább gazdaságossági kérdés.

A növényvédelem és a tápanyagellátás is nagymértékben befolyásolja a sűrítetőséget. Nagyobb tőszám és kiegyensúlyozott tápanyagellátás esetén intenzívebb növényvédelmet szükséges alkalmazni, amely legalább kétszeri állományszintű gombabetegségek elleni védekezést jelent (Angelova, 2003). A tápanyagellátás szempontjából törekedni kell a mérsékelt nitrogén hatóanyag adagokra, mivel annak kórtani fogékonyságot növelő hatása van (Tonev, 1992).

A napraforgó vetés idejének hibridspecifikus, évjáráttól és termőhelytől függő tervezését sok esetben nem tekintik meghatározónak (Novák, 2014), azonban annak adott körülményektől függő tervezése jelentős mértékben képes befolyásolni a hozamot és a minőséget is. A túl korai és a túl késői vetésidő egyaránt termés kiesést és minőségromlást okozhat. A napraforgó számára az optimális vetésidő akkor van, amikor a vetési mélységben a talajhőmérséklet tartósan eléri a 7-8°C-t. Az ettől hidegebb talajba történő vetés a kelés elhúzódását és a kórokozóknak a talajban való fokozott kitettségét, így nagyobb arányú növénypusztulást, egyenlőtlen kelést, valamint a vegetációs periódus megnyúlását és az olajtartalom csökkenését okozhatja. A késői vetés szárazabb talajviszonyokat feltételez, amely szintén heterogén állományt eredményez, hiszen az állomány egy része kellő nedvességű talajba kerül, míg más része csak a később csapadék hatására kel ki. A késői vetés miatt a növények tenyészideje is lerövidül, mely kisebb vegetatív tömeg kialakulásához és alacsonyabb termésmennyiséghez, valamint csökkent olajtartalomhoz vezet (Petcu et al., 2010).

Megemlítendő, hogy a vetéstechnológiával kapcsolatban a legelterjedtebb a vetőgéptípustól függően 75-76,2cm-es kapásortávolság, azonban az aszályra hajlamosabb termőhelyeken több helyen próbálkoznak keskenyebb sortávolságú vetéssel is (Andrade et al., 2002). Ezeken a területeken a zártabb állományból fakadó kórtani problémák kialakulásának veszélye kisebb, viszont az állomány jobb térállásából adódóan, a fajlagosan egy növényre eső tenyészterület kiegyenlítettebb, mely segíthet mérsékelni a környezeti problémák okozta negatív következményeket a hozam tekintetében.

### *2.5.2 Az állománysűrűség hatása a napraforgó fejlődésére*

Az optimális tőszám hibridspecifikus tulajdonság, de a növény fejlődésére, valamint a termesztésének eredményességére befolyással vannak az adott termőhely környezeti tényezői. A napraforgó szárazságtűrésének meghatározó tényezője a mélyen gyökeresedő

és nagy szívókapacitással rendelkező gyökérrendszere, mely a tenyészidőszak előtti őszi-téli és kora tavaszi időszakban lehullott csapadékot tudja jól hasznosítani. A talaj jó vízellátottsága esetén érdemesebb nagyobb állománysűrűséget alkalmazni. Nem elhanyagolható az adott talaj vízraktározó képessége sem, amely alapvetően befolyásolja a hosszantartó száraz időszakokban a növény fejlődéséhez szükséges nedvesség rendelkezésre állását és felvehetőségét (Várallyay, 2005).

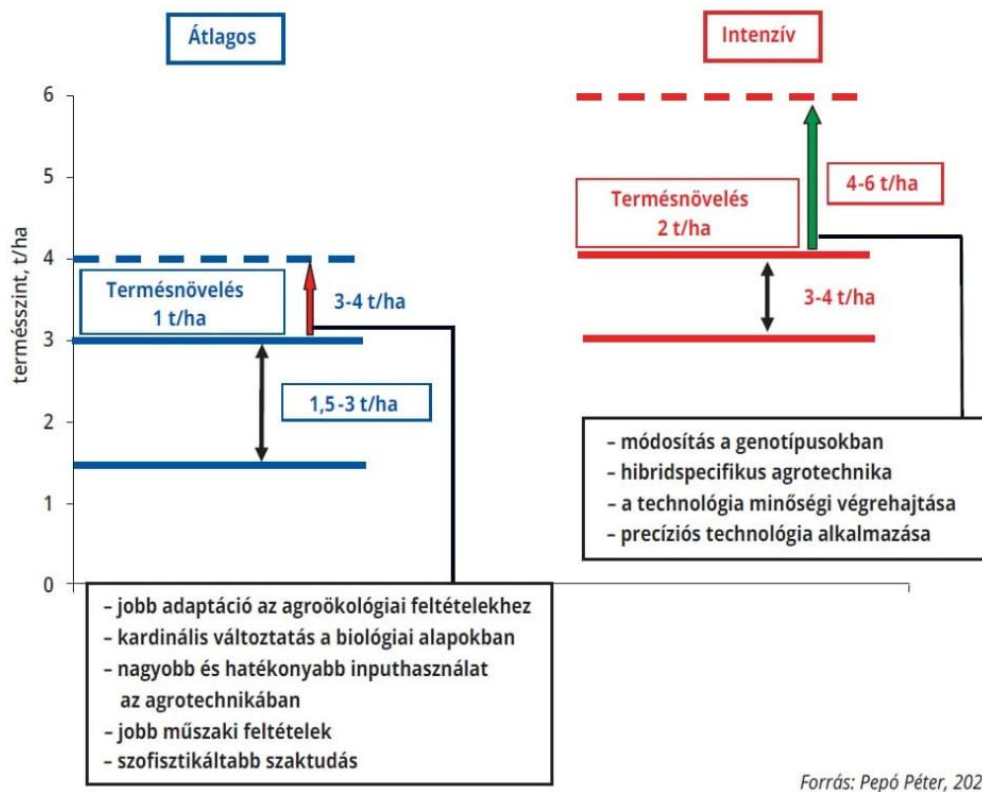
Egyes régebbi tanulmányok a környezet és talajadottságokat nem tekintik meghatározónak, csupán az állománysűrűséget tekintik fontosnak, illetve eredményeik szerint a sortávolság sem befolyásolta a napraforgó vízfelhasználását, mert a napraforgó gyökérrendszere a rendelkezésre álló tenyészterületet optimálisan használja ki (Alessi et al., 1977).

Későbbi tanulmányok mind az állománysűrűség, mind a rendelkezésre álló tenyészterület méretétől függően leírnak különböző hatásokat a növény fejlődésével, biomassza képzésével kapcsolatban. Abdullah et al. (1980) kutatásában kimutatta, hogy a tenyészterület növelésének hatására javult a növény állóképessége, növekedett a tányér-és szárátmérő, valamint nőtt a tányérokban található kaszatok súlya is. Terbea et al. (1984) eredményei szerint a tőszám sűrítésével csökken a levélfelület és a tányérátmérő, viszont nő a kaszatok tömege. Selera (1998) olaszországi napraforgó tőszámreakció kísérletei szerint növekvő állománysűrűség esetén nőtt a növénymagasság, a levélfelület index és az 1m<sup>2</sup>-re jutó kaszatszám. Sarmah et al. (2000) eredményei szerint az állománysűrűség növelésével csökkent a növekedési ráta, azonban nőtt a levélfelület index.

A legújabb kutatások szerint az állománysűrűségnek meghatározó szerepe lehet a növények vízellátása szempontjából. Az állomány sűrűség növelésével a levélfelület megtartási index (LAD) a virágbimbók megjelenésétől a virágzásig és a virágzástól a termésérésig is növekedett (Barros et al., 2004). Vida et al. (2018) tenyészedenyes kísérletei szerint a talajban az állandó optimális vízellátottsági szint statisztikailag igazolt hatással van a napraforgó növény biomassza produktumára és a tápanyagok felvételére is. Vizsgálataikban a kálium adagolásával nagyobb szárazanyagprodukciónak érték el a vegetációs periódus elején mutatkozó szárazság esetén, mely hatással volt a további fejlődésre és a termésre.

### 2.5.3. Az állománysűrűség hatása a termés minőségére és mennyiségére

A napraforgó Magyarország legjelentősebb és a világ egyik legjelentősebb olajnövénye. Felhasználása igen sokrétű, étkezési célú hasznosítása mellett, jelentős szerepe van az állati takarmányozásban, a biodízel üzemanyag előállításban és a kozmetikai iparban. A termesztett hibridek többsége, a mai hagyományos termesztési viszonyok között országos átlagban mintegy 3 t/ha terméshozamra és 35-56% közötti olajtartalom produkálására képes (Frank, 1999).



21.ábra: Tartalékok a napraforgótermesztés intenzitásában. Forrás: Pepó, 2024

Azonban a hozam és az olajtartalom tekintetében is nagy eltérések vannak a világ- illetve Magyarország egyes területi között is. Pepó (2024) kutatásai szerint intenzív termesztési feltételek között a legmodernebb napraforgóhibridek alkalmazása, a hibridspecifikus agrotechnika, a rendelkezésre álló precíziós technológiai eszközök helyes alkalmazása növelheti a technológiai előrelépés esélyeit (21.ábra).

A termesztéstechnológiai elemek közül a tőszám sűrítetőség hibridspecifikus tulajdonság, mely jelentős hatással van a hozamra és az olajtartalomra. Frank (1999) szerint az állománysűrűség növelésének hatására növekszik a kaszat olajtartalma. Kádár et al. (2001) szerint Magyarországi viszonyok között az optimális tőszám 45-55 000 tő/ha

között van 70x25cm - 30cm elrendezésben. Fontosnak ítélte meg az egységes, lehetőleg töhiány vagy duplázás mentes, egyidőben kelő állományt.

Más kutatásban napraforgó hibrideket teszteltek különböző térállásban vetve. A térköz növekedésével a kaszat fehérjetartalma növekedett, az olajtartalomra azonban nem volt hatással (Vijayakumar et al., 2003).

Allam et al. (2003) kutatásaiban a különböző vetési időpontok és tőszámok hatását vizsgálták. Kísérletükben a hektáronkénti hozam és az olajtartalom is szignifikáns növekedést mutatott a tőszám növelésével, ezzel szemben a szár- és tányérátmérő, valamint a kaszatok ezermag tömege és az egy tányérra jutó kaszattömeg is csökkent. A vetésidő és tőszám vonatkozásában a korai vetés idejű és magas tőszámú vetés esetén a legmagasabb hozamot, a késői, alacsony tőszámú vetés esetén viszont a legmagasabb olajtartalmat érték el.

Naderi (2000) vizsgálataiban a legkedvezőbb terméshozamot 62,5x25cm és a 75x20cm-es vetés elrendezés mellett lehetett realizálni.

Pal (2002) napraforgó tőszámreakció kísérletében vizsgálta 44 000 tő ha<sup>-1</sup> és 110 000 tő ha<sup>-1</sup> között a hozam változását. A legmagasabb hozamot 83 000 tő ha<sup>-1</sup> tőszámú vetéssel érte el.

A napraforgó egy-egy agroökológiai területre vonatkozó stabil és magas termés- és olajhozamának eléréséhez szükséges előfeltétel a hibridek helyes megválasztása, de ezen hibridek számára az optimális tőszám meghatározása is. Abdul et al. (2018) két különböző hibridet vizsgáltak 44 000 és 88 000 tő ha<sup>-1</sup> tőszámú vetési kísérletükben, melyben az állománysűrűség növelésével a növénymagasság és a levélfelület index nőtt, miközben csökkent a tányérátmérő, a tányéronként mért kaszatok száma és a növényenkénti levélfelület. Emellett a 88 000 tő ha<sup>-1</sup> tőszámú vetéssel jelentősen nagyobb terméseredményt értek el. Értékelésük szerint az eredményeket a hibrid x tőszám kölcsönhatása befolyásolta.

Mijic et al. (2021) 24 hibridet vizsgált 57 000, 65 000 és 75 000 tő ha<sup>-1</sup> tőszámú vetési kísérletében. Az említett tulajdonságok fenotípusos kifejeződésére a hibrid volt a legnagyobb hatással, míg a tőszám x hibrid kölcsönhatás sokkal kisebb mértékben. Átlagosan a legmagasabb szemtermést, olajtartalmat és olajhozamot a legnagyobb növényesűrűségben érték el.

## 2.6 Gazdaságos napraforgótermesztés

A Föld népességének élelmiszerigénye az évszázad közepére várhatóan mintegy másfélszeresére nő. Ugyanakkor a művelhető területek növelésének és a termelés fokozásának lehetősége korlátozott, mely csak az agrárközigazgatás folyamatos reformja mellett, a legkorszerűbb termésmenvelő anyagok használatával, precíziós termesztéstechnológiákkal és változó körülményekhez leggyorsabban alkalmazkodó növényfajtákkal képzelhető el (Popp et al., 2015). A mezőgazdasági termelés irányának nagy kérdése a növényi eredetű nyersanyagokért folytatott verseny a takarmány- és élelmiszeripari, valamint a bioüzemanyag- és környezetipari ágazatok között (Frank et al., 2008)

Az olajos növények piacának bővülésére számíthatunk az évszázad közepéig, mellyel együtt az árak emelkedése is várható. Az előrejelzések szerint a bioüzemanyagok iránti kereslet mérséklődik, ugyanakkor az olajmag darák iránt - a fejlődő országok fokozott húsfogyasztása miatt - várhatóan nőni fog a kereslet. Meghatározó lesz az állattenyésztés olajmagliszt igényének alakulása, mivel a biodízel gyártás volumenének stabilizálódása várható (Popp et al, 2010).

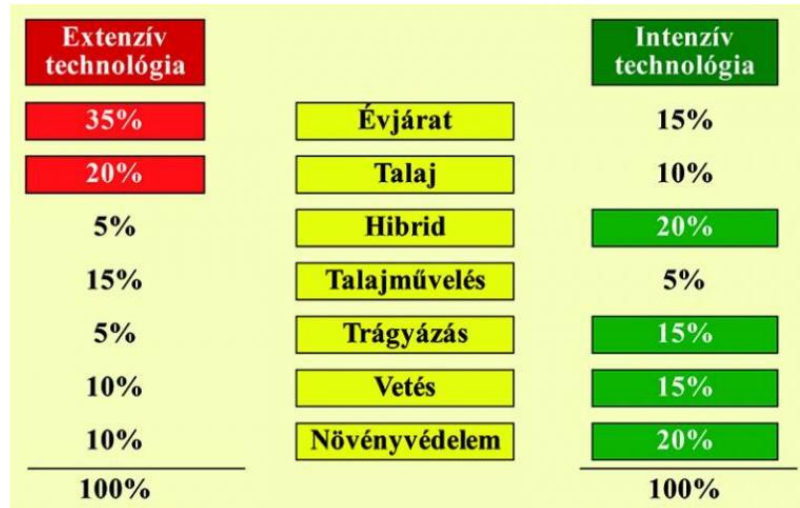
Az olajosnövény ágazat számára a precíziós termesztéstechnológiák alkalmazása nem csak termelési, de gazdasági előnyökkel is járhat, hiszen hozzájárulhat a termelési költségek és a környezetterhelés csökkentéséhez, valamint a jövedelmezőség növeléséhez.

A hazai olajosnövény termesztésben területét és volumenét tekintve egyaránt kiemelkedik a napraforgó (Csipkés et al., 2017). A napraforgó esetében az elmúlt időszakban a nemesítésben főként a termésbiztonság és az olajtartalom került előtérbe. A hibridválasztékban megtalálhatók a linolsavas, hagyományos (LO), és a magas olajsavtartalmú (HO) és a különböző herbicidtoleráns (CL, CLP, SU, AIR) hibridek. A jelenlegi hibridválaszték az olajtartalom és minőség vonatkozásában némileg heterogén, melyet az alkalmazott termesztéstechnológia is befolyásol. A napraforgó napjainkra egyre inkább az intenzív technológiát igénylő növények közzé sorolható, ezért kiemelkedő fontosságúvá vált a megfelelő hibridválasztás (Pepó, 2008).

A napraforgó esetében a termésátlagok növekedését abban az esetben várhatjuk, ha termesztéstechnológia komplex fejlesztése megvalósul. Ilyen fejlesztési folyamat zajlott le a repce termesztéstechnológiájában, amikor az új típusú hibridek megjelenése mellett a technológia teljes átalakítása is megtörtént. Egy intenzív hibrid extenzív, alacsony

tápanyaggazdálkodási termesztési modellben alkalmazva még az extenzív hibridekkel sem lesz versenyképes, míg egy extenzív hibrid intenzív körülmények között termesztve nem lesz költséghatékony és várhatóan nyereséges sem (Pepó, 2012).

Pepó (2018) kutatásaiban kimutatta, hogy az extenzív termesztéstechnológia mellett a termés mennyiségét a környezeti tényezők döntő mértékben befolyásolják (22.ábra).



22. ábra. A termesztési tényezők szerepe a napraforgótermesztésben. Forrás: Pepó, 2018

Kísérleteinek eredményei arra is rávilágítottak, hogy mind a vetésidő, mind az állománysűrűség jelentős hatással van a termés mennyiségére, olajtartalmára, valamint más agrotechnikai elemre is.

A technológiai fegyelem betartásának alapelvein is változtatni szükséges. A kukorica termesztésének mára általánosan alkalmazott alapelvei a napraforgó esetében is igazak. Fontos a homogén állomány kialakítása térben és időben egyaránt. Azonos tenyészterülettel gazdálkodó, kiegyenlített fejlődésű növényállomány, az egyöntetű virágzás és érés. Szintén fontos tényező, hogy az egyes kezelések a növények optimális fejlettségi állapotában történjenek és a környezeti feltételeket a megfelelően hasznosítsuk. Ezen tényezők figyelembevételével párhuzamosan fontos, hogy a precíziós technológiákat azok tudásszintjének megfelelően alkalmazzuk.

Az említett tényezők alkalmazása esetén a kimutatták, hogy országos szinten a napraforgó termesztés inputanyag felhasználás tekintetében 6,63-13,46%, a munkaműveletek esetében 11,43-12,52% megtakarítás érhető el. A precíziós technológiák alkalmazásának vizsgálata során az őszi búza és a kukorica termesztésével összehasonlítva a napraforgó esetében sikerült a legmagasabb fajlagos jövedelmet elérni, mely a hatékonyság növelésével elérte a +12-107%-ot (Szabó, 2024).

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1 A kísérleti területek jellemzői

A vetési kísérletek helyszínét a Szemere-Mag Kft. által művelt területek biztosították, a gazdaság központja Mezőszemere településen (Heves vármegye) található. A kísérleti területek (23.ábra) jellemző talajtípusa a Borsodi-Mezőségi tájegységre jellemző réti talajok, melyek a napraforgótermesztésre teljes mértékben alkalmasak, egyben a térség vízgazdálkodásának jellege miatt változó mértékű táblán belül heterogenitás jellemzi, mely kiváló lehetőséget teremt a precíziós technológiák alkalmazására.

A talaj tápanyaggazdálkodására a nagy tápanyagtőke, de a kis hasznosítható tápanyagkészlet jellemző.

A napraforgótermesztés sajátosságából eredően a hároméves változó tőszámú vetési kísérlet 2021-2023 években, évjáratonként más-más két kísérleti táblában került beállításra elkerülve a monokultúrás termesztés nyilvánvalóan a napraforgóra gyakorolt káros következményeit. Az egyes években érintett táblák elhelyezkedésének és egy tetszőleges pontjának jellemző tengerszintfeletti magasság adatait a 2. táblázat foglalja össze.



23. ábra. A kísérleti területek elhelyezkedése. Forrás: Google Earth

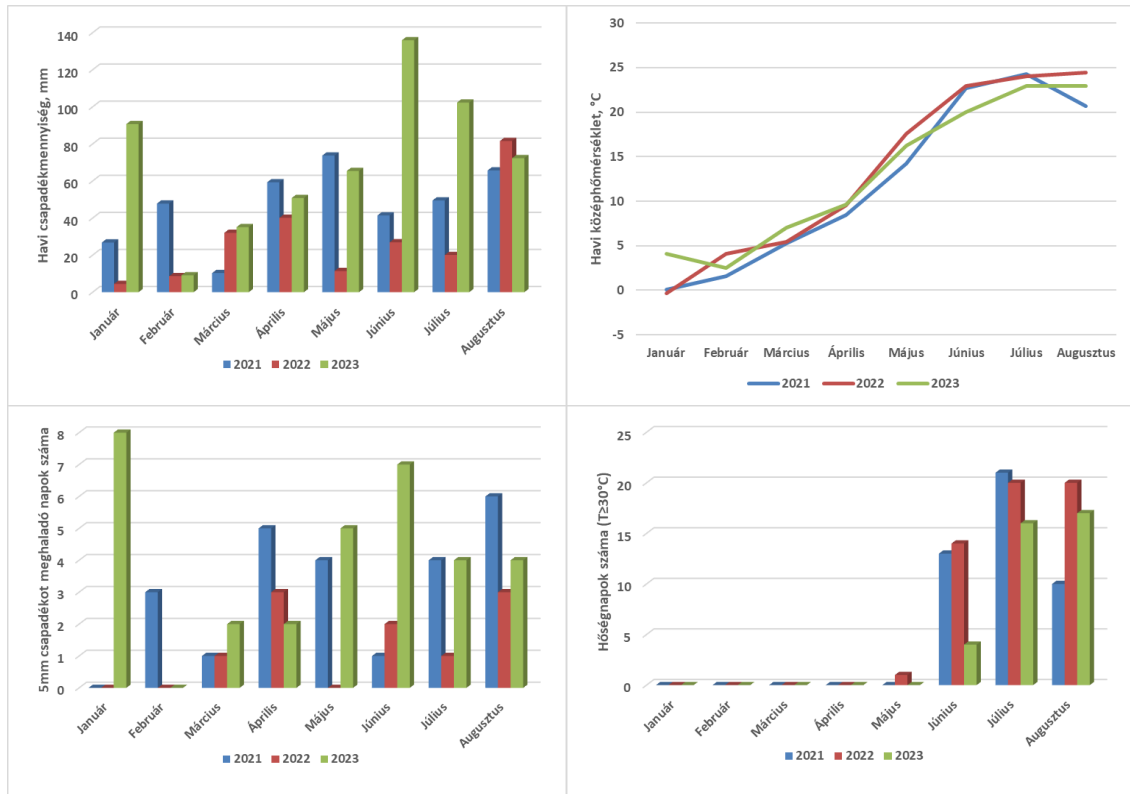
2. táblázat. A kísérletbe vont területek elhelyezkedés és tengerszint feletti magasság adatai

Év	Táblanév	Statisztikai azonosító	Koordináta		Tengersz. feletti magasság (m)
			É-i szélesség	K-i hosszúság	
2021	C4-7	2021A	47°46'32"	20°26'08"	114,2
	C14	2021B	47°42'16"	20°31'05"	95,4
2022	B6	2022A	47°44'49"	20°29'47"	102
	C10	2022B	47°42'07"	20°33'34"	92,8
2023	B5	2023A	47°45'41"	20°29'16"	106
	C5	2023B	47°44'49"	20°33'31"	99,3

### 3.1.1 A vizsgált évek időjárása

A kísérleti területek időjárására alapvetően a száraz kontinentális éghajlat jellemző. Egyre gyakrabban fordulnak elő szélsőséges időjárási jelenségek mind a csapadék mennyiségében és éves eloszlásában, mind a hőmérséklet adott évszakra jellemző alakulásában. Évről évre tapasztalhatóak olyan időjárási események, mint pl. hosszan tartó hóhullám, hirtelen lehulló nagy mennyiségű csapadék vagy a késő tavaszi fagyos éjszaka. Megfigyelhető, hogy évjárattól függően váltakoznak a növénytermesztés számára kedvező, átlagosnak mondott és kedvezőtlen környezeti körülmények, melyek alapvetően meghatározhatják az adott év gazdálkodásának eredményességét.

A vizsgált időszak (2021-2023) időjárási eseményei alkalmasak voltak az évjárat hatás vizsgálatára is (24.ábra). Az időjárási adatokat a kísérleti területek biztonságos közelségébe telepített saját meteorológiai állomás (Sencrop Raincrop) használatával gyűjtöttem. A mért adatokat a meteorológia állomás online internet kapcsolaton keresztül folyamatosan továbbítja a szerverre, ahonnan egy alkalmazáson (Sencrop App) keresztül tölthetők le az adatok Microsoft Excel formátumban.



24. ábra. A vizsgált időszak (2021-2023) hőmérséklet és csapadékviszonyai a vegetációs időszakban.

A kísérletbe vont területek évjáratonként mért időjárási adatait (3.táblázat) viszonyítva az OMSZ poroszlói meteorológiai állomás adatbázisának a kísérleti időszakot (2021-2023) megelőző öt év (2016-2020) átlagolt időjárási adataihoz az alábbi megállapítások tehetők:

- a 2021.év az átlaghoz képest kevésbé csapadékos (511,2mm) és az átlagosnál kissé hűvösebb (10,87°C) időjárású volt. A téli csapadékösszeg az átlagostól kissé mérsékeltebb (84,9mm) volt, a vegetációs időszak alatt azonban napraforgó számára elegendő mennyiségű (289,6mm) és kiegyenlített eloszlásban jelentkező csapadék hullott. A hőség- (44) és forró napok ( $T_{max} \geq 35^\circ\text{C}$ ) száma (4) mérsékelt volt.
- a 2022.évben az átlagostól lényegesen kevesebb csapadék hullott (402,6mm) és az átlagosnál melegebb (12,01°C) volt. A téli csapadékösszeg nem volt megfelelő mennyiségű (45,1mm) és a vegetációs időszak alatt is kevés volt a csapadék (180,1mm), melynek mintegy 45%-a augusztus végén hullott amikor már érdemben nem tudott hasznosulni a napraforgó termés számára. A hőségnapok (55) és a forró napok száma (19) is rekordmagas volt a tenyészidőszak során, mely még a melegkedvelő napraforgónak is komoly környezeti stresszt jelentett.

- a 2023.év az átlagosnál lényegesen csapadékosabb (819,6mm) és az átlagosnál melegebb (12,20°C) volt. A téli csapadékösszeg kimondottan bőséges volt (134,9mm) és a vegetációs időszak alatt is nagy mennyiségű csapadék hullott (426,7mm). A hőségnapok száma (43) ugyan szinte megegyezett, a forró napok száma (3) viszont kevesebb volt a 2021.évben számolt adatokhoz képest is és a bőséges csapadékellátás következtében a napraforgónak szinte ideális körülményeket teremtett a jó termés kialakításához. Az átlagosnál melegebb (20,07°C) szeptemberi időjárás pedig kedvezett a betakarításnak, így nemcsak a termés mennyiségének, de a minőségnek is.

3.táblázat. A kísérleti területek időjárási adatai 2021-2023 években.

Év	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Hónap	Havi csapadékmennyiség (mm)			Havi átlaghőmérséklet (C°)			5mm csapadékot meghaladó napok száma			Hőség napok száma (T <sub>max</sub> ≥30°C)		
Január	26,8	4,5	90,7	0,05	-0,32	4,07	0	0	8	0	0	0
Február	47,8	8,6	9,1	1,57	4,11	2,53	3	0	0	0	0	0
Március	10,3	32,0	35,1	5,30	5,40	7,06	1	1	2	0	0	0
Április	59,3	40,1	50,8	8,47	9,56	9,61	5	3	2	0	0	0
Május	73,7	11,4	65,4	14,21	17,58	16,23	4	0	5	0	1	0
Június	41,4	26,9	135,9	22,66	22,98	20,00	1	2	7	13	14	4
Július	49,5	20,1	102,3	24,32	24,06	22,97	4	1	4	21	20	16
Augusztus	65,7	81,6	72,3	20,71	24,48	22,97	6	3	4	10	20	17
Szeptember	11,7	51,3	33,1	17,37	15,76	20,07	1	3	3	0	0	6
Október	17,5	6,4	51,8	10,05	12,31	13,29	1	0	4	0	0	0
November	62,0	38,2	102,7	4,95	6,17	5,61	4	2	8	0	0	0
December	45,5	81,5	70,4	0,82	1,97	2,02	1	4	5	0	0	0
Össz./Átlag	<b>511,20</b>	<b>402,60</b>	<b>819,60</b>	<b>10,87</b>	<b>12,01</b>	<b>12,20</b>	<b>31</b>	<b>19</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>55</b>	<b>43</b>
5éves átlag	<b>593,12</b>			<b>11,50</b>								

2016-2020 évek 5 éves átlagolt időjárás adatai: éves csapadékmennyiség: 593,12mm; éves átlaghőmérséklet: 11,5°C; téli (január-március) csapadékösszeg: 109,8mm; vegetációs időszakban (április-augusztus) hullott csapadék mennyisége: 296mm; a vegetációs időszak átlaghőmérséklete: 19°C; szeptember hónap átlaghőmérséklete: 17,2°C.

### 3.1.2 Szántóföldi agrotechnika

A vetési kísérlet tervezésekor figyelembe vettem, hogy a kísérlet eredményeit évről évre szeretné a vállalkozás beépíteni saját nagyüzemi gyakorlatába, illetve azt a körülményt is, hogy maga a kísérlet is nagyüzemi szántóterületeken kerül beállításra. Azt kívántam elérni, hogy a kísérlet megvalósítása a lehető legkevésbé legyen zavaró hatással a termelés rendes menetére, a lehető legjobban alkalmazkodjon a vállalkozás agrotechnikai elveihez, műszaki technológiai megoldásaihoz, valamint az eredmények jól mérhetőek és értelmezhetőek legyenek.

A technológia tervezése és végrehajtása során figyelembe vett agrotechnikai alapelvek a következők voltak:

- forgatás nélküli talajművelés, amellyel a lehető legkevesebb talajműveléssel-talajbolygatással végezzük a szükséges magágykészítési műveleteket, szem előtt tartva a talajnedvesség megőrzését,
- lehetőség szerint kapcsolt műveletek megvalósítása,
- a gyomviszonyokhoz jól adaptálható, rendkívüli termőhelyi és évjáratstabilitású, kimagasló terméspotenciálú, jó betegségellenállóságú, érésgyorsítás nélkül is időben és a megfelelő minőségben betakarítható hibridválasztás (1. melléklet).

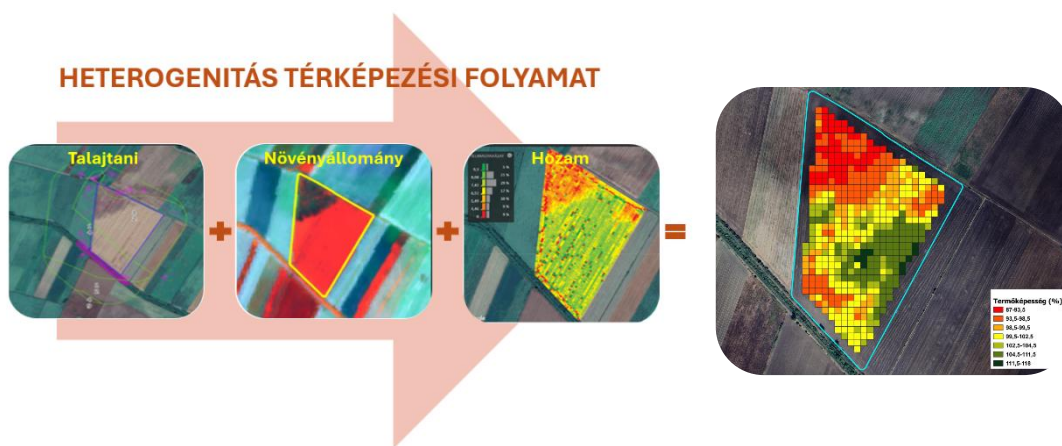
Ezeket az alapelveket követve a vetési kísérletek termesztéstechnológiája (2. melléklet) mind a három évben megegyezett, kizárólag a termőképességi zónánkként változó vetési tőszámot változtattam.

A területről korán lekerülő kalászos betakarítását követően sekélyen tarlólántották a területet, majd egyenes lazítókésekkel szerelt lazítóval közép mélylazítást végeztek 25-28cm mélységben. Ezt követően az ősszel kikelt árvakelés túlzott megerősödését gátló kémiai gyomirtást végeztek.

Tavasszal (március vége) a talaj szikkadását követően magágykészítő kombinátorral megtörtént a magágy készítése és visszatömörítése. A korán kelő gyomokat és az árvakelést közvetlenül a vetés előtt kémiai gyomirtással kapcsolták ki. A napraforgó vetésére minden esetben április második felében került sor a késő tavaszi fagyok megjelenésének kockázata miatt. A vetéssel egy menetben talajfertőtlenítőszer és tápanyag (N) kijuttatására is sor került, majd a várható bemosó csapadék és a napraforgó kelésének figyelembevételével megtörtént a terület preemergens gyomirtása is. A kelést követően, a napraforgó 6-8 leveles állapotáig megtörtént a szükséges foszfor és kén tápanyag utánpótlása, valamint a későn kelő és veszélyes gyomok postemergens irtása. A napraforgó 8-10 leveles állapotában került sor a szükséges N utánpótlásra, majd rögtön utána a sorközök kultivátorozására. A sorok záródását követően a levél- és szárbetegségek megelőzésének érdekében megtörtént az első fungicid védekezés, valamint mikroelem levéltrágya kijuttatás, majd a teljes virágzás előtt a szár- és tányérbetegségek elleni második gombaölőszeres védekezés és mikroelem levéltrágyás kezelés. A betakarítást minden esetben akkor végezték el, amikor a kaszatok nedvességtartalma 9% alá csökkent. Erre 2021-ben és 2023-ban szeptember végén, míg 2022-ben szeptember elején került sor.

### 3.2 Termőhelyi heterogenitás térképezésének módszere

A kísérleti vetések tervezésekor alapvető fontosságú volt, hogy a területek megfelelő mértékű termőhelyi heterogenitással rendelkezzenek. Ennek érdekében több a termőképességi heterogenitás megállapításának szempontjából fontos jellemzőt is vizsgáltam. A heterogenitás térképezési folyamat során elvégeztem a kísérleti területek talajtani-, növényállomány- és hozam monitoring adatgyűjtését, majd adat transzformációs, elemzési és értékelési folyamatok eredményeként készítettem el a kísérleti területek termőképességi heterogenitás térképeit (25.ábra).



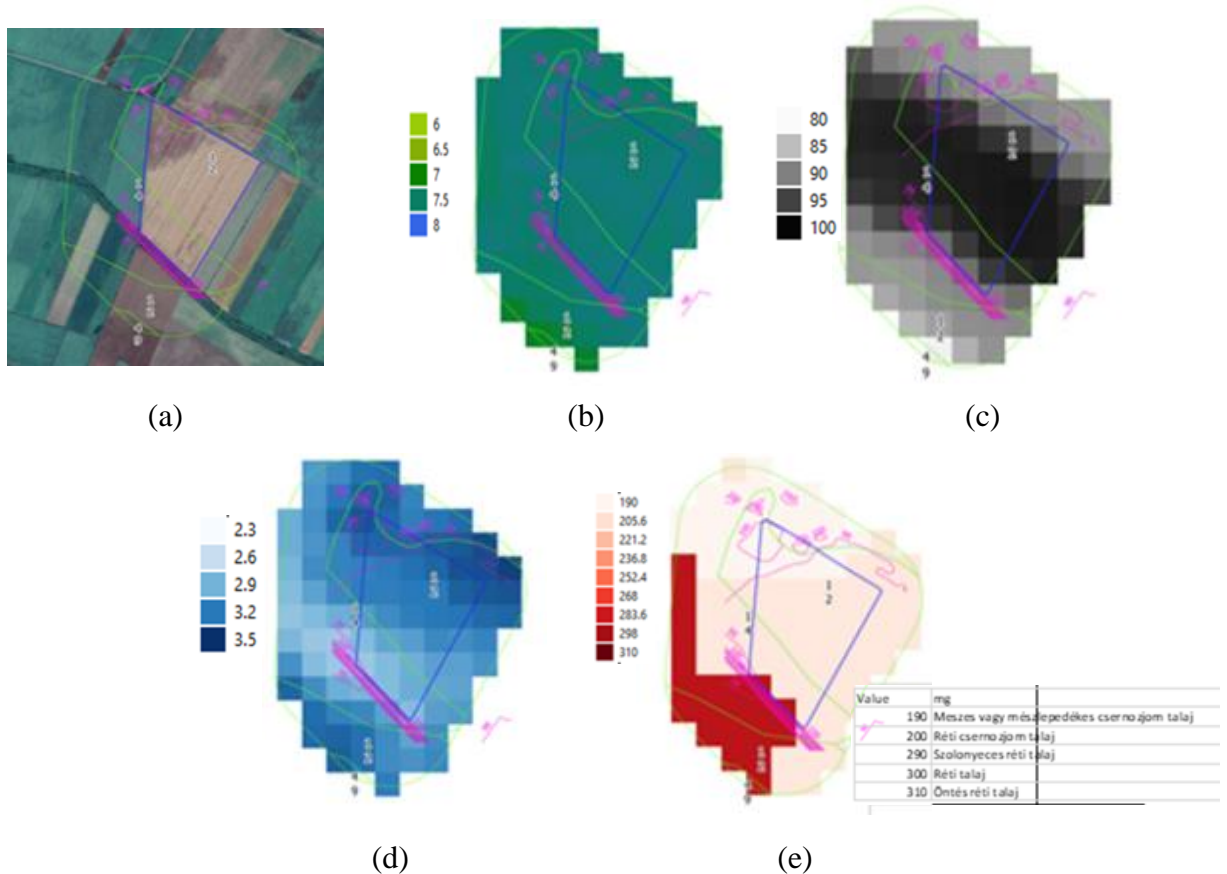
25. ábra. A termőképességi heterogenitás térképezésének folyamatábrája.

A megfelelő területek kiválasztásakor és azokon belül a termőképességi zónák kialakításakor figyelembe vett szempontok a következők voltak:

- a táblán belül lehetséges legyen három egymástól jól elkülöníthető termőképességi kategóriát megállapítani (alacsony, átlagos, magas) és azok minél jobban elkülönüljenek egymástól. Ez a gyakorlatban alkalmazott, a termelés szempontjából sokszor zónaösszevonással járó vagy a zónahatárok szabályosabbá tételétől eltérően történt, hiszen a cél a különbségek bemutatása volt.
- a termőképességi zónák mérete tegye lehetővé a kísérlet végrehajtását. Az egyes zónákon belül szükséges kísérleti terület mérete 136x126m.
- a domborzati viszonyok ne legyenek szélsőségesek, nagy lejtő vagy szintkülönbség ne befolyásolhassa a kísérlet eredményét.
- a zónákon belül ne legyenek természetes vagy mesterséges eredetű akadályok, a vetés vagy a betakarítás során ezek ne befolyásolják az eredményeket.

### 3.2.1 Talajtani heterogenitás meghatározása

A kísérleti területek termőhelyi heterogenitásának megállapításához szükséges talajtani jellemzők adatait a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani Intézet biztosította. Az adatok alapján megállapíthatóvá, térinformatikailag is értelmezhetővé váltak a kísérleti területek heterogenitásának jellemzői (26. ábra).



26. ábra. A 2021A kísérleti terület talajtani heterogenitást leíró jellemzői: (a) szintvonal; (b) kémhatás, pH; (c) termőréteg vastagság, cm; (d) szervesanyag-tartalom 0-30cm, %; (e) genetikus típus.

Információkat kaptam a területek vízgazdálkodásának jellegéről, kémhatásáról, a termőréteg hozzávetőleges vastagságáról, a 0-30cm mélységben található szervesanyag-tartalom mértékéről, valamint a területeken belüli genetikai talajtípus változékonyságáról. A kapott információkat megjelenítő térképeket a 3. mellékletben, a vetési kísérletben 2021-ben részt vevő 2021A és 2021B jelű táblák példáján keresztül mutatom be.

### 3.2.2 A növényállomány heterogenitásának térképezése műholdas távérzékeléssel

A termőterületek talaj heterogenitását mutató információkon túl adatokat gyűjtöttem a területeken korábban termesztett növények termesztésének jellemzőiről is (4. melléklet). A kísérleti területekről készített űrfelvételek elemzésével és a 2017 és 2020 között termesztett növények termesztéstechnológiai adatainak felhasználásával nyert tematikus információkat térképi formában jelenítettem meg. Az űrfelvételek alapján kapott információk elemzésének egy-egy gyakorlati megközelítésű momentumát az 5. mellékletben található képsorozat alapján mutatom be a 2021A (C14) és 2021B (C4-7) táblák példáján keresztül.

A Sentinel-2 műholdak által készített űrfelvételek közötti böngészésre kiválóan alkalmas EO Browser internetes oldalon tekintetem át a műholdak által a kísérleti területekről készített felvételeket.

A vizsgálataim során a kísérleti területeken, a kísérleteimet megelőző években termelt növények gazdálkodási szempontból fontos periódusaiban történő növényi borítottság vizsgálatára volt szükség. Az ezekben az időpontokban készített műholdképeket a Sentinel-2 műholdak 10 m geometriai felbontású, a látható és infravörös tartományban készített felvételeinek B02, B03, B04 sorrendben a kék, zöld és a vörös színek hozzárendelésével jelenítettem meg (jelölés: RGB:432). A növényi biomassza vizsgálata során a NIR (közeli infravörös) sáv (B08) alkalmazásával több információ nyerhető egy hamisszínes színek kompozit előállításánál. A hamisszínes felvételek megjelenítése során - a B02 (kék spektrumtartomány) sávot kihagyva - a közeli infravörös tartományhoz a vörös színt rendeltem, az eredetileg vörös tartomány a zöld színskálát kapta, a zöld tartományt pedig a kék skálájának kiválasztásával jelenítettem meg. Ebben az esetben a jelölés RGB:843 lett.

A Sentinel-2 műholdak által készített űrfelvételeket a Copernicus Open Access Hub internetes oldalról töltöttem le. A vizsgálandó terület lehatárolását követően megadásra került az az időperiódus, amelyben a vizsgálatához szükséges felvételek letöltése szükséges volt. A keresés lefuttatását követően a program felkínálja az adott időszakokban elérhető felvételeket.

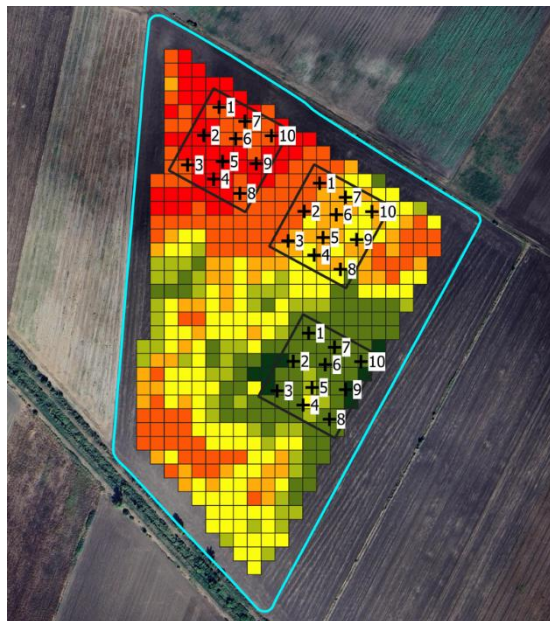
Az elérhető űrfelvételek kiválasztását követően egyesével töltöttem le a vizsgálatához szükséges spektrális sávokat. A felvételek .jp2 formátumban tölthetők le, amelyeket a QGIS szoftver használatával „geotif” formátumba konvertáltam, megtartva így a

vetülethelyes geodéziai koordinátákat. A további képfeldolgozás az IDRISI Selva térinformatikai szoftverrel történt.

A letöltött teljes méretű űrfelvételekből a vizsgálatok szempontjából fontos kivágot készítettem, melyet az adatok importálását követően az IDRISI szoftverben a Reformat – Window funkció használatával a kívánt kivágat (oszlop; sor vagy x;y) koordinátáinak megadásával végeztem el a vizsgált időpontokra és sávokra vonatkozóan.

A program képfeldolgozó moduljának VEGINDEX alkalmazásával elvégeztem az NDVI index számítását, majd a GIS Analysis – Mathematical Operators – Image Calculator funkciójával átlagképeket készítettem. Az átlagképek értékelésekor vizuális interpretációt is végeztem, azonban a művelet során a legfontosabb szempont a heterogén területek közötti értékkülönbségek megjelenítése volt.

Az űrfelvételek elemzése után készített táblaszintű heterogenitástérképek alapján kijelölésre kerültek a kísérleti területek zónahatárai. A termőképességi zónák területéről egyenként 10 mintavételi pontban talajmintavétel történt a talaj 0-30cm-es rétegéből (27. ábra). A talajmintákból képzett átlagmintából készült egy, az adott termőképességi zónára jellemző talajminta.



27. ábra. A termőképességi zónák területéről vett talajminták mintavételi pontjai a 2021A jelű kísérleti területen.

A talajvizsgálatokat a Szolnoki Talajvédelmi Laboratórium Kft. végezte. A termőképességi zónákhoz tartozó talajfizikai és - kémiai tulajdonságokat összefoglaló táblázat a 6. mellékletben található.

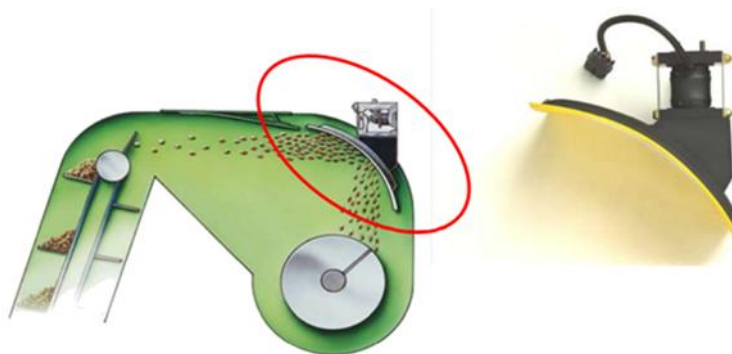
### 3.2.3 A hozam heterogenitásának mérése

A hozamtérkép a precíziós adatgyűjtés eredménye, amely egyben az egyik legfontosabb adat a gazdálkodás szempontjából. A kísérletben is használt John Deere S690 típusú kombájnok hozam- és nedvességmérő rendszerei által végzett adatgyűjtések eredményeképpen készült el az egyes korábbi években (2017-2020) betakarított növények hozamtérképe.



5.kép. A Harvest Monitor hozamtérképező rendszer mérőegységei.  
Forrás: Hajmásy, 2019.

A rendszer tartalmazza az anyagárammérőt, a nedvességmérőt, az Active Yield hozammérőt és az adatok kijelzésére szolgáló kijelzőt (5. kép). Az anyagárammérő a magfelhordó egység tetején helyezkedik el. A mérőegység ütköző lapjának ütődő magok mennyiségétől függően az ütközőlap elmozdul (28. ábra). Az elmozdulás mértéke arányos az anyagárammal, mely alapján a megfelelő kalibrációt követően dokumentálható a hozam eredmény.



28. ábra. Ütközőlapos anyagáram mérő működése. Forrás: Hajmásy, 2019.

Az újabb fejlesztések eredményeként a kalibrációs eljárás is mellőzhetővé vált a John Deere Active Yield tartálymérőcellás hozammérő rendszerével. A hozammérő szenzor méri a folyamatos anyagáramot, a magtartályban elhelyezett Active Yield cellák pedig folyamatosan pontosítják a hozammérést, így a rendszer a támogatott növények esetében folyamatosan finomítja a hozam kalibrációs értékeket.

A nedvességmérő a magfelhordó egység oldalán helyezkedik el (6.kép). A méréshez szükséges magmennyiséget egy az erre a célra kialakított henger alakú tartály gyűjti. A tartály telítődésekor a nedvességmérő elektromos vezetőképesség mérést végez, majd a mérés végeztével egy elektromotor meghajtású csiga kiüríti a vizsgált terményt a tartályból és a mérés kezdődik előről. A vizsgált magmennyiség elektromos vezetőképessége függ a termény nedvességtartalmától, így a vizsgált termény nedvességtartalma meghatározható.



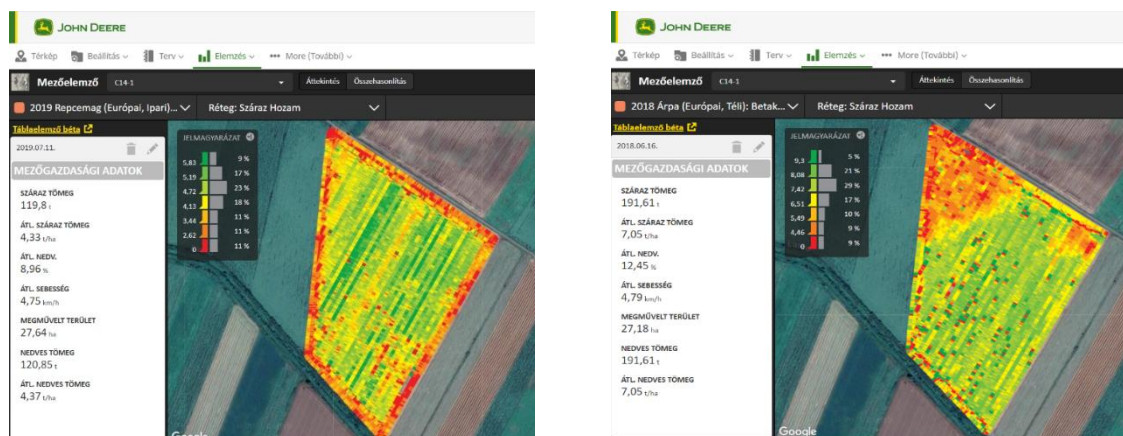
6. kép. Nedvességmérő egység. Forrás: Hajmásy, 2019.

A szenzorok által mért értékek, valamint a munkaszélesség és a haladási sebesség ismeretében lehetővé válik a pontos hozamadatok kiszámítása és kijelzése.

A Harvest Doc alkalmazás a kapott hozam és nedvesség értékeket az RTK helymeghatározó rendszer és a kombájnon található vevőegység (StarFire antenna) segítségével koordinátákhoz rögzíti, mellyel megvalósul az adatok térbeli ábrázolhatósága.

A kombájn által rögzített adatokat a John Deere GreenStar™ (GS3) 2630 fedélzeti számítógépe dokumentálja és dolgozza fel. A számítógép a JD Link alkalmazáson

keresztül automatikusan továbbítja az adatokat egy külső szerverre, melyről a felhasználó a John Deere Operation Center internetes felületen keresztül tudja letölteni és elemezni a betakarításhoz kapcsolódó adatokat (29. ábra).



29. ábra. A 2021A (C14) terület 2018. és 2019. évi nyers hozamtérképe

A felületen elérhetőek a betakarított termény nedvességtartalom, nedves- és szárazhozam adatai, valamint a kombájn betakarítási sebesség-, terület magasság- és lejtőszög térképei. A GreenStar™ (GS3) 2630 monitor által gyűjtött adatok külső adathordozóra is exportálhatók, ezáltal a térinformatikai szoftverekben feldolgozhatók.

A GreenStar™ (GS3) 2630 monitorból ESRI Shape formátumban az IDRISI Selva szoftverbe exportált adatokat vektoros formátumban importálva jelenítettem meg.

A kombájn által mért hozam adatok további pontosításának érdekében matematikai korrekciót végeztem a mázsaházban mért termésátlagok felhasználásával.

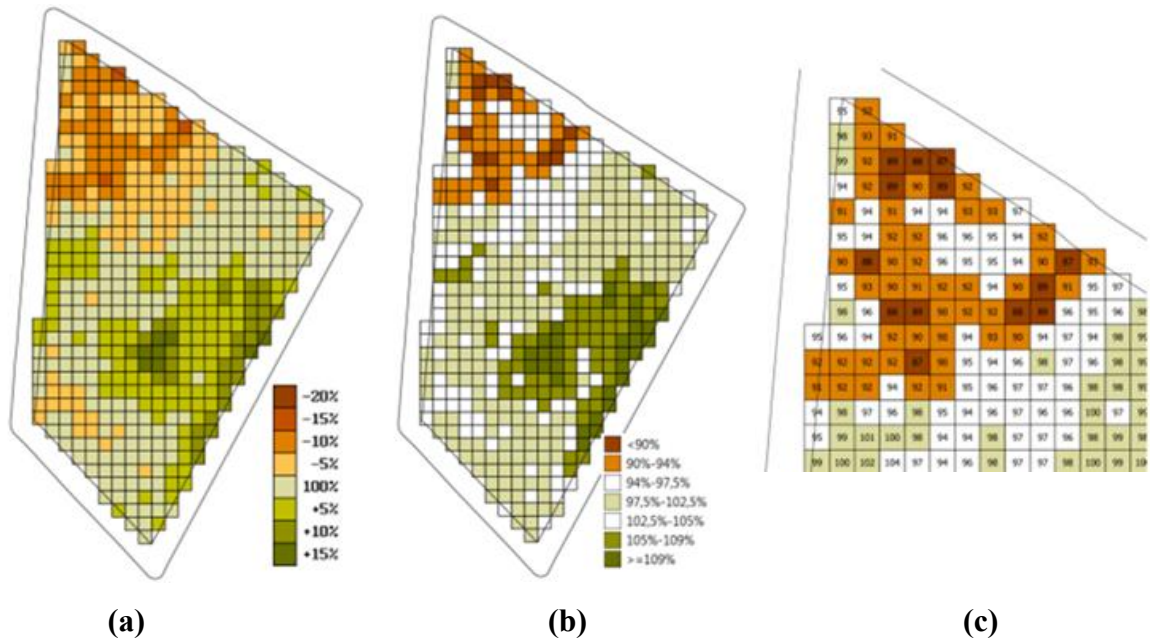
### 3.2.4 A termőképességi zónák meghatározásának folyamata

A termőképességi zónák lehatárolása során a Sentinel-2 műholdak által készített 10x10m nagyságú pixelek biztosították az alap adatokat. Az átlagos termőképességű pixelt 100%-nak értékelve, az annál jobb termőképességű pixel 100%-nál magasabb értéket, az annál alacsonyabb termőképességű pixel pedig 100%-nál alacsonyabb értéket kapott (30. ábra). A multispektrális műholdfelvételek és a hozamtérképek alapján homogén termőképességet mutató pixelek összessége alkot egy zónát (7. melléklet).

A termőképességi zónák kialakításakor az volt a célom, hogy a termőképesség a három minőségi kategória szerint (alacsony, átlagos, magas) minél élesebben elkülönüljön egymástól. Ez eltér a gyakorlatban alkalmazottaktól, ahol sok esetben a technológiai vagy

munkaszervezési okokból zónákat vonnak össze vagy adott esetben formálnak úgy, hogy az a termelés szempontjából a lehető legköltséghatékonyabb legyen.

Kísérletemben a termőképesség minőségi osztályozása az adott pixelek termőképességi százalék értéke alapján történt, azzal a feltétellel, hogy a pixel értékek legalább 75%-a beleesik a megadott értéktartományba. Az egyes minőségi osztályokhoz tartozó értékek a 4. táblázatban találhatóak.



30. ábra. A C14 tábla termőképességi térképe. (a) Pixelértékek a 100%-hoz viszonyítva; (b) pixelértékek a pixel osztályozás módszere alapján; (c) a tábla északi részének pontos pixel értékei.

4. táblázat: Az egyes termőképességi osztályokhoz tartozó értékek

Tábla név	Statistikai azonosító	Termőképesség (%)		
		alacsony	átlagos	magas
C14	2021A	$\leq 93,5$	99,5-102,5	$104,5 \leq$
C4-7	2021B	$\leq 95,5$	100,5-103,5	$111,5 \leq$
B6	2022A	$\leq 93,65$	99,9-106,4	$113,4 \leq$
C10	2022B	$\leq 94,83$	97,81-101,47	$106,64 \leq$
B5	2023A	$\leq 91,5$	100,5-106,16	$110,84 \leq$
C5	2023B	$\leq 97,5$	99,15-101,5	$102,5 \leq$

### 3.3 A tőszámszabályozás alapelvei

A nemesítő javaslata alapján az SY Bacardi CLP napraforgó hibrid ajánlott vetési tőszáma 55-58 000 ha<sup>-1</sup>. Ennek megfelelően a vállalkozás üzemi gyakorlatában korábban is alkalmazott 55 000 ha<sup>-1</sup> tőszámot tekintetem a kísérlet alaptőszámának. A kísérlet értékelési szempontjait figyelembevéve minden termőképességi zónában három tőszámlépcsőt alkalmaztam négy ismétlésben.

Az alacsony minőségű termőképességi zónában az alap tőszámot (55 000 ha<sup>-1</sup>) valamint az annál 20 (44 000 ha<sup>-1</sup>) illetve 40%-kal (33 000 ha<sup>-1</sup>) csökkentett tőszámot alkalmaztam.

Az átlagos minőségű termőképességi zónában az alap tőszámot (55 000 ha<sup>-1</sup>) valamint az attól 20%-kal növelt (66 000 ha<sup>-1</sup>) és csökkentett (44 000 ha<sup>-1</sup>) tőszámot alkalmaztam.

A magas minőségű termőképességi zónában az alap tőszámot (55 000 ha<sup>-1</sup>) valamint az attól 20 (66 000 ha<sup>-1</sup>) illetve 40%-kal (77 000 ha<sup>-1</sup>) növelt tőszámot alkalmaztam.

A statisztikai elemzés során az egyes termőképességi zónánként alkalmazott tőszámokat az 5. táblázat szerinti minősítési kategóriákba soroltam be.

5. táblázat. A különböző termőképességi zónákban alkalmazott tőszámok minősítése

Termőképességi zóna minősítés	Tőszám minősítés		
	Alacsony	Átlagos	Magas
	Tőszám (tő ha <sup>-1</sup> )		
alacsony	33 000	44 000	55 000
átlagos	44 000	55 000	66 000
magas	55 000	66 000	77 000

Mindhárom termőképességi zóna esetében vettem egy-egy olyan tőszámú sávot is, amely az adott minőségű zónában nem szerepel, de a másik kettő valamelyikében igen. Így az alacsony termőképességi zónába elvetésre került egy-egy 66 000 illetve 77 000 ha<sup>-1</sup>, az átlagos termőképességi zónában egy-egy 33 000 illetve 77 000 ha<sup>-1</sup>, a magas termőképességi zónában egy-egy 33 000 illetve 44 000 ha<sup>-1</sup> tőszámú sáv. Ezek a sávok a dolgozatban kiértékelésre nem kerülnek.

A kísérletben résztvevő táblák kísérleten kívül eső részébe 2021-ben 55 000 ha<sup>-1</sup> tőszámmal, míg az első kísérleti év eredményeiből - a vállalkozás számára - levont következtetés alapján a következő két évben 59 000 ha<sup>-1</sup> tőszámmal került elvetésre a napraforgó.

### 3.4 A változó tőszámú vetési kísérlet bemutatása

A kísérleti területek termőhelyi heterogenitásának térképezését követően megállapításra kerültek a termőképességi minőség szerinti zónaterületek, melyeken megtervezésre került a differenciált tőszámú vetési kísérlet (8. melléklet).

A tervezés során az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

- nem került kísérleti vetés a táblák forgóinak területére, illetve a termőképességi zónák úgy kerültek kialakításra, hogy közvetlenül egymás mellé ne kerüljenek,
- minden kísérleti parcella, a vetőgép és a kombajn adapter munkaszélességének megfelelően 9m (12sor) szélességű és 100m hosszúságú,
- a termőképességi zónánként meghatározott három különböző tőszám négy blokkban (négy ismétlésben) került elvetésre majd ezután következik az a két tőszám, amely az adott zónában nem szerepel, de a másik kettő valamelyikében igen egy ismétlésben,
- a kísérleti vetés iránya merőleges az adott tábla egészére meghatározott vetési iránnyal, ezzel is biztosítva a művelés során fellépő taposási kárból adódó veszteség egyenlő mértékét az összes parcella vonatkozásában,
- a vetés során, a vetéssel egy menetben kijuttatott műtrágya és talajfertőtlenítőszer mennyisége állandó mennyiségen kerül kijuttatásra, csak a parcellánkénti vetőmag mennyisége változott.

A kísérleti vetés első évében (2021) a C14 (2021A) és a C4-7 (2021B) táblában a vetéskor jelzőkarók segítségével került kijelölésre a kísérleti vetés első és utolsó sora, valamint a 100m hosszúságú terület kezdete és vége. Táblán belül a kísérleti vetések körül, a területek elkülönítésére szolgáló kb. 3m szélességű növényállomány nélküli sávot utólag a kikelt növények eltávolításával valósult meg. A C4-7 (2021B) tábla alacsony minőségű termőképességi zónája a zóna minőségének megfelelő kisebb méretű területek miatt két részletben került elvetésre.

A második (2022) és harmadik évben (2023) a B6 (2022A), C10 (2022B), B5 (2023A) és C5 (2023B) táblák esetében már a vetési terv programozása során lehatárolásra került egy kb. 3m szélességű vetetlen sáv a parcellák elején és végén, valamint a vetési kísérlet első és utolsó sora mellett a vetőkocsik vezérlésének lekapcsolásával valósult meg a kb. 3m szélességű vetetlen sáv, amely így a kísérleti vetések területe körül mintegy vetetlen keretet alkotott (7.kép).



7. kép. A táblán belül vetetlen sávval elkülönített kísérleti vetés. (saját felvétel)

### 3.5 A vetéstechnológia követelményei

Napjaink nagyüzemi növénytermelési technológiája megköveteli, hogy az alkalmazott vetőgép a vetés mellett egy munkamentben alkalmas legyen bizonyos tarlókezelési, talajművelési, valamint inputanyag kijuttatási megoldásokat is kezelni. A vetéstechnológia kialakítása során ugyanakkor fontos, hogy az alkalmazott vetőgép minél egyenletesebb tőtávolságot, minél szabályosabb vetési mélységet produkáljon a vetés során, valamint nagy területteljesítménnyel is rendelkezzen. A kutatás során fontos volt, hogy olyan vetéstechnológiát alkalmazzak, amely megfelel az említett kritériumoknak, emellett alkalmas a vetési kísérlet hibátlan kivitelezésére is. A kísérleti vetés megvalósításához egyedi összeállítású, különböző vetéstechnológiai műszaki megoldásokat kombinációját használtam. A napraforgó vetését egy precíziós vetésre alkalmassá tett Horsch Maestro 12.75 SV (Horsch, 2024) típusú vetőgéppel végeztem. A vetőgépet a lehető legpontosabb vetést lehetővé tevő John Deere 1750 (John Deere, 2024) vetőkocsira épített Precision Planting (Precision Planting, 2024) vetéstechnológiai rendszerrel, valamint saját tervezésű tápanyag- és talajfertőtlenítőszer kijuttató eszközökkel szereltem fel. Igyekeztem a különböző műszaki megoldások előnyeit kombinálva az elérhető legpontosabb, a napraforgó vetésére alkalmas legjobb vetési technológiát kialakítani.

### 3.6 A tőszám ellenőrzése

A vetési terv alapján kivetett névleges tőszám és a kikelt növényszám monitorozása, valamint a vetéstechnológia tőtávolság egyenletesség ellenőrzésének céljából statisztikai jellegű tőszámlálást és tőtávolságmérést végeztem.

A műveletre a napraforgó állományok sorköz-kultivátorozását követően, az állományok 8-10 leveles fejlettségi állapotában (BBCH 18-19) került sor. Ez az a fejlődési stádium amikor már kialakulnak tekinthető a végső, termést is hozó növényszám, illetve még viszonylag könnyedén bejárható a növényállomány.

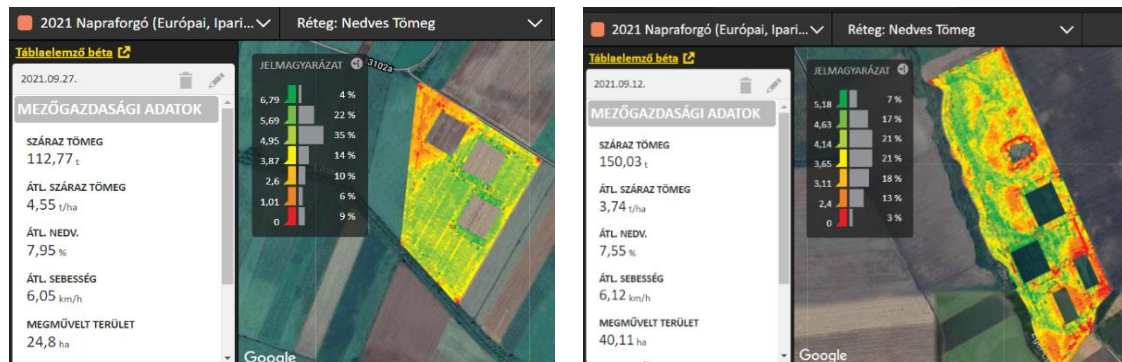
A kísérleti vetés parcelláinak 100 m hosszúságú területén belül, az egyes differenciált tőszámú vett sávok 12 sora közül tetszőlegesen kijelöltem 6 sort. Minden kijelölt sorban tetszőleges helyen kijelölésre került egy pontosan 10 m hosszúságú terület, amelyben megszámláltam az ott található növények számát, valamint mérőszalag segítségével megmértem a növények közötti távolságot cm-ben (8. kép). Az adatok felvételezésének helye és a számolt, valamint a mért adatok Microsoft Excel táblázatban rögzítésre kerültek és a későbbiekben ismertetett statisztikai számítások alapját képezték.



8. kép. A napraforgó állományok tőszám és tőtávolság ellenőrzése. (saját felvétel)

### 3.7 A termés mennyiségének és minőségének értékelése

A kísérlet tábláinak kísérleti parcellákon kívül eső területeit és a vetési kísérlet első és utolsó 18m-es szakaszát korábban betakarították és tarlóhántották, így pontosan 100 m hosszúságú kísérleti parcellákat kaptam (31. ábra).



31. ábra. A 2021A és 2021B táblák betakarításkor készült hozamtérképe, benne a kísérleti parcellák még aratatlan területe. (saját felvételek)

#### 3.7.1 A hozam meghatározása

A kísérleti vetések parcelláit külön-külön takarítottam be, a betakarított napraforgó mennyiségeket a szállítójárműre üritve mobil mérőtalpas mérőegységgel (Avery Weight-Tronix M640) egyenként mértem meg (9.kép). A parcellánként betakarított napraforgóból öt ponton mintavétel történt, melyekből mintegy 1kg súlyú átlagmintát képeztem.



9. kép. A kísérleti parcellák betakarítása. (saját felvételek)

### *3.7.2 A termés minőségét jellemző paraméterek mérése*

A gyűjtött napraforgó mintákból a nedvességtartalmat, az olajtartalmat és az ezerkaszat tömeget vizsgáltam. Az ezerkaszat tömeget saját mérés alapján, az átlagmintákból vett kétszer kétszáz kaszat nagy pontosságú ( $d=0,01\text{g}$ ) laboratóriumi mérlegen (PCE-BS 300) történt tömegmérésével, ezer kaszatra átszámítva mértem meg.

A nedvesség- és olajtartalom mérésére a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Agrárműszerközpont Laboratóriumában került sor az MSZ EN ISO 664:2008, MSZ EN ISO 665:2020, MSZ EN ISO 659:2010 szabványok alapján.

### *3.7.3 A napraforgó termesztés gazdaságosságának mérése*

A termelési költségek számítása során annak mértékét évjáratonként az adott év piaci változásainak megfelelően, a valós költségek alapján határoztam meg. Adott év termelési költségén belül kizárólag a vetőmag költsége változott parcellánként a tőszám függvényében, mivel a termesztéstechnológia a teljes kísérleti területen belül azonos volt. A bevétel számításakor, a bruttó termésmennyiség esetében nem az előzőekben alkalmazott standard 8% nedvességtartalomra korrigált termésmennyiséget, hanem a betakarítás során parcellánként, adott nedvességtartalmon mért tömeget vettem figyelembe. A bruttó termésmennyiséget az évjáratonként változó mértékű keverékesség tömegszázalékának (2021: 8m/m%; 2022: 13m/m%; 2023: 5,5m/m%) értékével korrigálva kaptam meg a nettó termésmennyiséget.

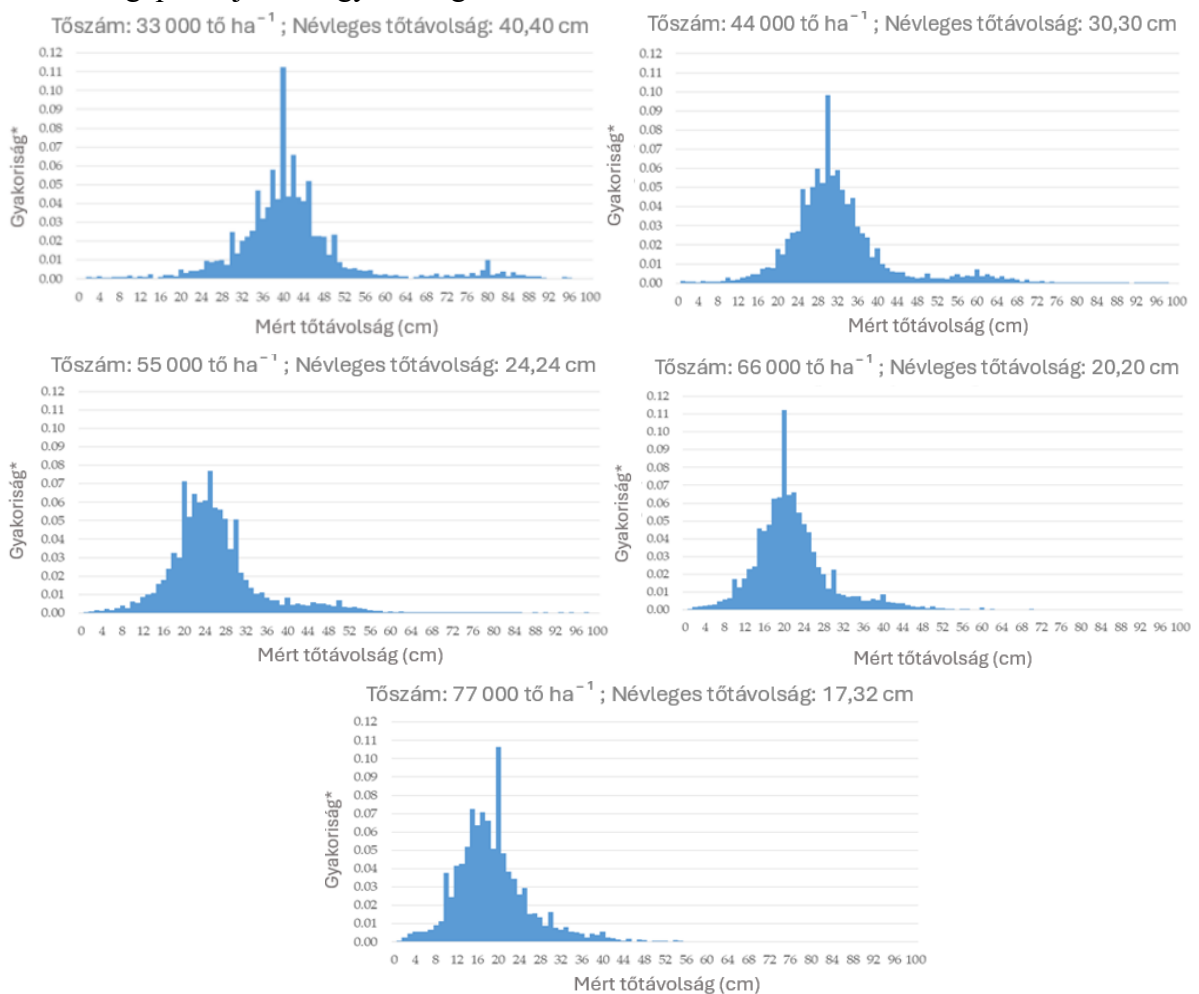
A termés minőségének bevételt befolyásoló tényezőit is figyelembe vettem, melyek számításakor a felvásárló által alkalmazott olaj- és nedvességtartalom bonifikációs rendszer szabályait alkalmaztam. Ennek megfelelően a nedvességtartalom vonatkozásában a standard 9m/m% nedvességtartalomhoz viszonyítva 1m/m% nedvességtartalom változásonként 0,5%, standard 44m/m% olajtartalomhoz viszonyítva 1m/m% olajtartalom változásonként 2% mennyiségi felár került felszámításra pozitív és negatív irányban is a beszállított tétel laboratóriumi vizsgálatának eredménye alapján.

A napraforgó tonnánkénti felvásárlási alapára az egyes évjáratokban a piaci ár változásának megfelelően, a valós értékesítés alapján került meghatározásra (2021: 151 000 Ft  $t^{-1}$ ; 2022: 244 000 Ft  $t^{-1}$ ; 2023: 163 550 Ft  $t^{-1}$ ). A vetőmag- és az egyéb termeléshez kapcsolódó költség, valamint az értékesítési ár adatokat a termelő bocsátotta rendelkezésemre.

### 3.8 Statisztikai elemzés

#### 3.8.1 Az adatfeldolgozás előkészítésének módszere

A kísérleti parcellák változó tőszámú sávjaiban mért tőtávolságok mindegyik tőszám esetén normál eloszlást mutattak (32.ábra). A dupla- és a hiányos vetést a névleges tőtávolságtól való eltérés alapján határoztam meg. Minden olyan esetet dupla vetésnek minősíttem, amikor a mért tőtávolság a névleges tőtávolság felénél kisebb volt ( $n=1829$ ) és hiányos vetésnek, amikor a mért tőtávolság a névleges tőtávolság 1,5-szeres értékénél nagyobb volt ( $n=5244$ ), ugyanakkor az értékelésnél nem vettem figyelembe, hogy a hiány a vetőgép hibájából vagy az elégtelen csírázás miatt következett be.



\*Az adott tőszámon mért összes tőtávolság arányában

32. ábra. A mért tőtávolság adatok eloszlása a különböző névleges tőszámokon.

6. táblázat. A dupla és hiányos vetés meghatározására szolgáló határértékek különböző névleges tőszámok esetében

Tőszám (tő ha <sup>-1</sup> )	Névleges tőtávolság (cm)	Határérték, dupla	Határérték, hiányos
		vetés <sup>A</sup>	vetés <sup>B</sup>
Tőtávolság (cm)			
33 000	40,40	<20,20	60,60<
44 000	30,30	<15,15	45,45<
55 000	24,24	<12,12	36,36<
66 000	20,20	<10,10	30,30<
77 000	17,32	<8,66	25,98<

<sup>A</sup> alacsonyabb, mint 0,5 x a névleges tőtávolság; <sup>B</sup> magasabb, mint 1,5 x a névleges tőtávolság

A következő lépésben minden egyes parcella esetében (n=216) meghatároztam a dupla- és hiányos vetések arányát az összes mért tőtávolság arányában.

A vetés egyenletességének meghatározásához a mért tőtávolság és a névleges tőtávolság alapján előírt relatív tőtávolság eltérést (%) számoltam ki - a dupla- vagy hiányos vetés eseteit kizárva - minden egyes növényre (n=41829) a következő képlet segítségével:

$$D_r = \left| \frac{d_m - d_n}{d_n} \right|$$

ahol  $D_r$  a relatív tőtávolság eltérés (%),  $d_m$  a mért tőtávolságot,  $d_n$  pedig a névleges tőtávolságot jelenti.

A hozam adatait egy hektárra (kg ha<sup>-1</sup>) számoltam át és korrigáltam 8%-os nedvességtartalomra. Minden a terméssel kapcsolatos változót (hozam, nedvességtartalom, olajtartalom, ezerkaszat tömeg) parcellánként külön-külön vizsgáltam (n=216).

A gazdaságossági változók (bevétel és jövedelem) esetében adott évjáratban ugyanazok az egyéb termeléshez kapcsolódó költségek (Ft ha<sup>-1</sup>) merültek fel (földbérleti díj nélkül számolva) minden parcella esetében, mivel a kísérleti terület egészén teljes mértékben ugyanazt a termesztéstechnológiát alkalmaztam. A termelési költséget kizárólag az alkalmazott tőszámhoz kapcsolódóan változó vetőmag költség (Ft ha<sup>-1</sup>) változása mozgatta. A bevételek (Ft ha<sup>-1</sup>) alakulását a parcellánként mért tényleges nettó hozam (kg ha<sup>-1</sup>), a nedvesség- és olajtartalom (m/m%) változása (bonifikáció), valamint az aktuális tonnánkénti értékesítési ár határozta meg, az előzőekben (3.7.3. fejezet) bemutatott számítási mód alapján. A jövedelem (Ft ha<sup>-1</sup>) mértékét a bevétel és a nettó termelési költség különbözete eredményezte. Minden a gazdaságossággal kapcsolatos változót (bevétel, jövedelem) parcellánként külön-külön vizsgáltam (n=216).

Az összes független és függő változót a 7. táblázat tartalmazza.

7.táblázat. A statisztikai értékelés független és függő változói.

Változók (mértékegység)	Tartomány / Kategóriák
Független (Bemeneti) változók	
Gazdálkodási változók	
Tábla	2021A, 2021B, 2022A 2022B, 2023A, 2023B
Termőképességi zóna	alacsony, átlagos, magas
Tőszám	alacsony, átlagos, magas
Talaj változók	
pH (KCl)	4,87 - 6,87
Arany féle kötöttség ( $K_{ARANY}$ )	42 - 60
Talaj jellemzők (m/m%)	
Sótartalom	0,06 - 0,16
CaCO <sub>3</sub>	0 - 10,9
Humusz	2,66 - 4,71
Talaj jellemzők (mg kg <sup>-1</sup> )	
N	11,3 - 109
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	72,5 - 2230
K <sub>2</sub> O	214 - 1230
Mg	288 - 2430
Na	14 - 70,1
Zn	1,81 - 4,87
Cu	4,43 - 11,8
Mn	105 - 733
S	3,93 - 18,1
Környezeti változók	
Tengerszint feletti magasság (m)	92,8 - 114,2
Csapadék (mm) <sup>A</sup>	225,2 - 561,6
5mm csapadékot meghaladó napok száma <sup>A</sup>	10 - 32
Átlaghőmérséklet (°C) <sup>B</sup>	18,07 - 19,73
Hőség napok száma <sup>B C</sup>	37 - 55
Függő (Kimeneti) változók	
Vetéstechnikai változók	
Dupla vetés (%) <sup>D</sup>	0 - 9,06
Hiányos vetés (%) <sup>D E</sup>	0,69 - 26,50
Tőtávolság egyenletesség (Relatív tőtávolság eltérés, %) <sup>F</sup>	1,1 - 48,5
Termés változók	
Hozam (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>G</sup>	1466 - 5679
Nedvességtartalom (m/m%)	4,69 - 7,53
Olajtartalom (m/m%, a szárazanyagban)	40,6 - 53,8
Ezerkaszat tömeg (g)	26,1 - 91,4
Gazdaságossági változók	
Bevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	326534 - 826695
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	-26999 - 575962

<sup>A</sup>Adott év január és augusztus közötti időszakában mért teljes mennyiség; <sup>B</sup>Április és augusztus között mért teljes vagy átlagos érték; <sup>C</sup>Azok a napok, amikor a napi maximális hőmérséklet legalább 30°C volt; <sup>D</sup>Átlagos arány parcellánként (n=216); <sup>E</sup>Nem vettem figyelembe, hogy a hiány a vetőgép hibájából vagy az elégtelen csírázás miatt következett be; <sup>F</sup>Az előírt és a névleges tőtávolság közötti relatív eltérés. A dupla- és hiányos vetésként azonosított esetek kizárása mellett, az egyes tőtávolság adatok alapján meghatározott érték; <sup>G</sup>8m/m%-os nedvességtartalomra számolva.

A statisztikai elemzés előtt az összes talaj-, termés- és vetéstechnikai változót, valamint a tengerszint feletti magasság eloszlásának jellegét vizsgáltam, valamint azokat a nem normál eloszlású eseteket, ahol a ferdeség értéke  $-0,5$ -nél kisebb volt (balra vagy negatívan ferde), négyzetes  $-x^2$ - transzformációval, ahol pedig a ferdeség értéke  $+0,5$ -nél nagyobb volt (jobbra vagy pozitívan ferde), logaritmikus  $-\ln(x+1)$  – transzformációval alakítottam át (Joanes et al., 1998). A statisztikai elemzésben a transzformált adatok szerepelnek.

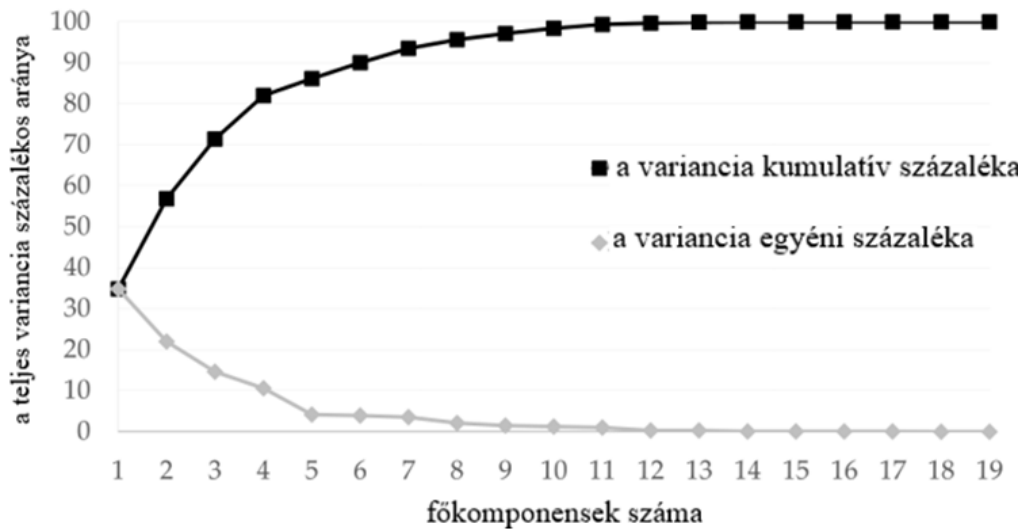
### 3.8.2 Az adatok feldolgozásának folyamata

A statisztikai elemzés első lépésében a tábla ( $n=6$ ), a termőképességi zóna (alacsony, átlagos, magas) és a tőszám (alacsony, átlagos, magas) hatását parcellaszinten, többszemponos varianciaanalízissel (Multiway ANOVA) vizsgáltam külön-külön a napraforgó terméshozamra, az olajtartalomra, a nedvességtartalomra, az ezerkaszat tömegére, a dupla- és hiányos vetésre, bevételre és jövedelemre ( $n=216$ ), valamint a tőtávolság egyenletességére - kivéve a dupla- vagy hiányos vetés eseteit - egyedi növény szinten ( $n=41829$ ) (Yates, 1934). A szignifikáns eseteket Tukey post hoc teszttel (Tukey, 1949) is vizsgáltam, annak érdekében, hogy a változók mely kimenetelei között tárható fel igazolható eltérés.

Eredetileg úgy terveztem, hogy a kísérlet évjáratait vonom be külön tényezőként az elemzésbe, de az előzetes eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy ugyanazon az éven belül a táblapárok között is nagy arányban vannak szignifikáns különbségek, ezért a táblákat vontam be tényezőként a statisztikai elemzésbe.

A talaj- és környezeti változókon belüli, valamint a talaj-, a környezeti és a termés változók csoportja, valamint a vetéstechnikai változók csoportja közötti kapcsolatokat parcellaszinten ( $n=216$ ) Pearson-féle korrelációelemzéssel (R) (Pearson, 1895) is vizsgáltam. A korrelációk erősségének elemzésekor a korrelációs együttható abszolút értékétől függően a következő csoportokat alakítottam ki:  $0,00-0,19$  nagyon gyenge,  $0,20-0,39$  gyenge,  $0,40-0,59$  közepes,  $0,60-0,79$  erős,  $0,80-1,00$  nagyon erős. A gazdálkodási jellemzők és a vetéstechnikai-, termés- valamint gazdaságossági változók közötti kapcsolatok további magyarázó hatásának mérésére a parciális eta négyzet ( $\eta_p^2$ ) értékeket is kiszámítottam (Adams et al., 2021). A magyarázó hatás erősségének elemzésekor a Pearson-féle korreláció esetében is alkalmazott csoportosítást alkalmaztam. A következő lépésben főkomponens-elemzést (PCA) végeztem a gazdálkodási- és a talaj-, valamint a

környezeti változók közötti kapcsolatok leírására. A dimenzió csökkentési folyamat eredményeként kiválasztottam azt a négy főkomponenst, amelyek önálló magyarázó hatása 5% feletti (34,8%; 22%; 14,6% és 10,6%) és a teljes variancián belül 82,0%-os kumulatív magyarázó hatással bírnak (33.ábra) valamint vizsgáltam a kiválasztott főkomponensnek, a termőképességi zónák (n=18), valamint a talaj (n=14) és a környezeti változók (n=5) közötti kapcsolatokat (Gewers et al., 2021).

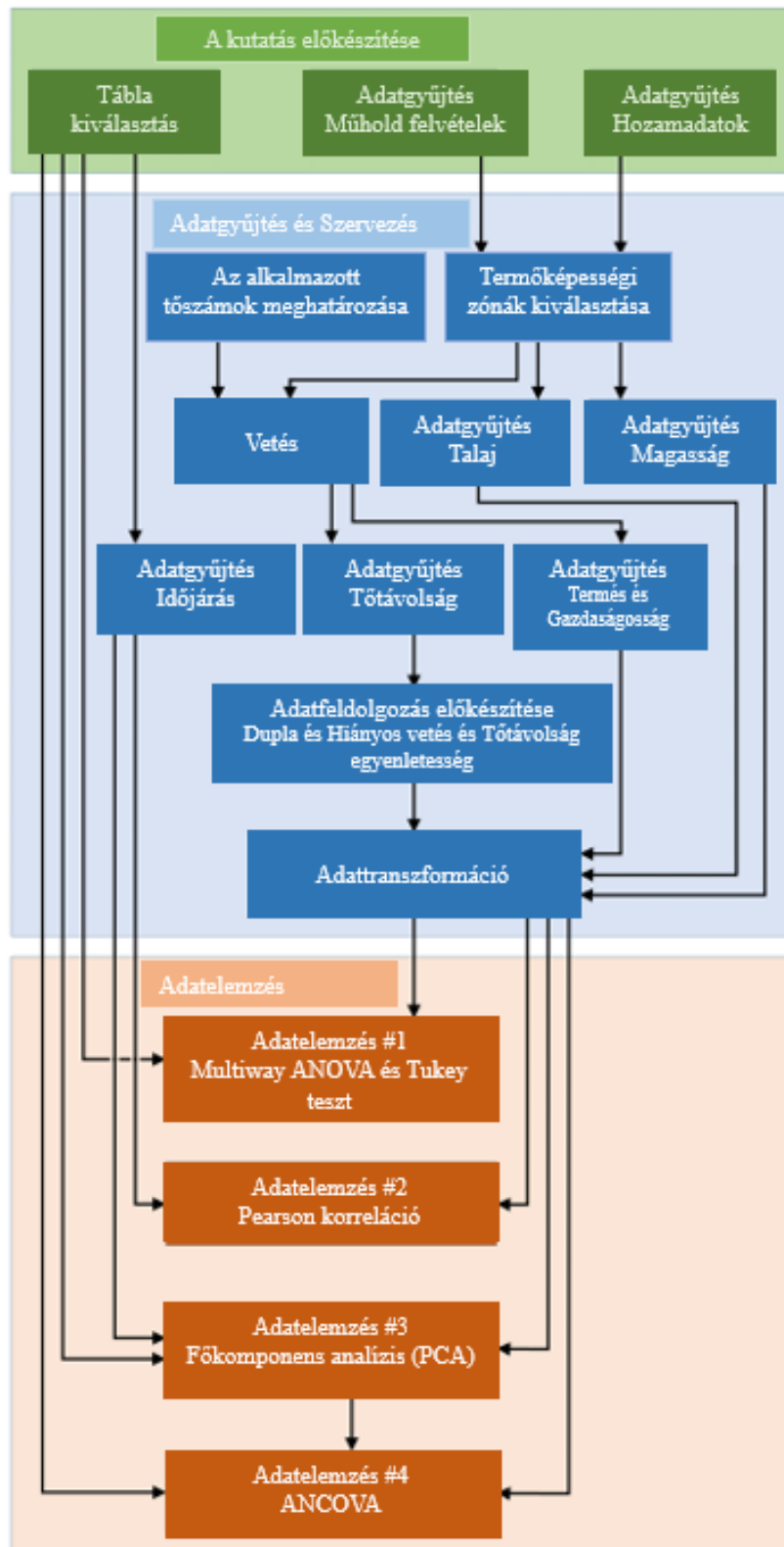


33. ábra. A főkomponensek egyéni és kumulatív magyarázó varianciarányada.

A következő lépésben az adatsorokat kovarianciaanalízissel (ANCOVA) vizsgáltam annak érdekében, hogy lemérjem a főkomponensek (PC 1-4) által kovariált táblahatást külön-külön a termés változókra (hozam, nedvességtartalom, olajtartalom és ezerkaszat tömeg) és a vetéstechnikai változókra (dupla- és hiányos vetés) parcellaszinten (n=216), valamint a tőszám egyenletességére egyedi növény szinten (n=41829) (Keselman et al., 1998). Az ANCOVA által kapott eredmények további magyarázó hatásának mérésére az egyes termés- és vetéstechnikai változókra vonatkozóan a parciális éta négyzet értékeket is kiszámítottam és összehasonlítottam mind a tábla változókra, mind a kovarianciaanalízisben résztvevő teljes faktoriális modellre.

Minden statisztikai elemzést az SPSS (IBM, version 27.0.1) szoftver használatával, R környezetben végeztem a corrr, dplyr és MASS csomagok segítségével 95%-os megbízhatósági szinten.

A statisztikai értékelés során alkalmazott teljes adatkiválasztási, adatgyűjtési, adatfeldolgozási és adatelemzési folyamatot mutatja be a 34.ábra.



34. ábra. Statisztikai értékelés, folyamatábra.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1 A vetéstechnológia ismertetése

A Horsch Maestro vetőgép kiemelkedő tulajdonsága, hogy nagy térfogatú központi vetőmagtartállyal (2000l), műtrágyatartállyal (6000l) és mikrogranulátum tartállyal is rendelkezik, így biztosítva a nagy területteljesítményt. A John Deere 1750 vetőkocsijára szerelt duplatárcsás V alakú csorozlyya kiváló megoldás a szükséges magárok elkészítésére.



10. kép. A kísérleti vetéshez használt egyedileg szerelt precíziós szemenkénti vetőgép és traktor. Fotó: Demeter Péter (Petya AgroTV)

A vetéshez használt John Deere 8335R típusú, elől-hátul dupla ápolókerekekkel szerelt traktor gondoskodott a megfelelő vonóerőről (335 LE), a talajnyomás tartásához szükséges hidraulikus munkahengerek működtetéséről, a vetőtárcsák megfelelő működéséhez szükséges vákuum, a műtrágya- és a talajfertőtlenítőszer kijuttatásához és a pneumatikus munkahengerek működéséhez szükséges nyomott levegőáramról, valamint a precíziós vetéshez szükséges RTK jelről (10.kép). A változó tőszámú vetés vezérlését és a szakaszvezérlést a Precision Planting rendszer saját fedélzeti számítógépe (20|20™ Monitor) végezte. A tőszámváltások automatikusan, a számítógép által vezérelve történtek, csökkentve ezzel a tőszámváltások közötti hibalehetőséget, valamint jelentősen felgyorsítva a kísérleti vetés folyamatát.

A vetési művelet egyéb jellemzőit a traktor saját GreenStar™ (GS3) 2630 monitorja dokumentálta, míg a traktor működésének paramétereit vezérlő egysége a traktor saját CommandCenter™ egysége volt (11.kép). A vetőgép, kísérleti vetés szempontjából legfontosabb egysége a Precision Planting precíziós vetési rendszer.

A rendszer rendelkezik egy csoroszlyánkként vezérelt dinamikus, hidraulikus talajnyomástartó rendszerrel (DeltaForce™) (12.kép), amely nagyobb vetési sebesség esetén is stabilan képes tartani a vetési mélységet. A vetőgép mélységállító kerekeire épített nyomásérzékelő szenzor segítségével csoroszlyánkként változtatja az aktuális beállításoknak megfelelő talajnyomást, ezzel biztosítva a megfelelő talajkapcsolatot és vetési mélység stabilitást. A traktor fülkéből vezérlehető, pneumatikusan szabályozható sávtisztító rendszer (CleanSweep™) (13.kép) talajművelési rendszertől függetlenül biztosítja a vetési sávban a talajfelület tarlómaradvány mentességét és hozzásegíti a vetőegységet a megfelelő nedvességtartalmú magágyba történő maglehelyezéshez.



11. kép. A traktor fülkében használt Precision Planting 20|20™ monitor (fent), a traktor saját John Deere GreenStar™ (GS3) 2630 monitorja (balra lent), valamint CommandCenter™ monitor (jobbra lent). A kép háttérében a preemergens gyomirtási művelet zajlik. (saját felvétel)



12. kép. A DeltaForce™ talajnyomástartó rendszer. Forrás: Precision Planting weboldal



13. kép. A CleanSweep™ sávtisztító rendszer. Forrás: Precision Planting weboldal

A csoroszlyánkként szerelt, traktor fülkéjéből vezérelhető pneumatikus munkahengerek fokozatmentesen állíthatók. A sávtisztító késes tárcsája (Yetter) a nyomás állításának függvényében végzi a talajfelület tisztítását, melyet ideális talajállapot esetén lehetőség van teljesen kiemelt állapotban tartani, így sávtisztítás nélkül vetni.



14. kép. A Precision Planting vetési rendszer vetőegysége. Forrás: Precision Planting weboldal

A vetőegységekre szerelt kis méretű puffer vetőmagtartályok a kivetett mag mennyiségtől függően szabályozottan és folyamatosan, egy nyomottlevegős feltöltő rendszeren keresztül töltődnek fel a vetőgép központi magtartályából. A tőszámszabályozásról, szakaszvezérlésről és a szabályos tőtávolság eléréséről egy digitálisan vezérelt elektromotor meghajtású vetőegység gondoskodik. A növényfajonként és tőszámonként változó kialakítású vetőtárcsák (eSet™) forgatása a vetőházban vetési sebességtől és hektáronkénti tőszámtól függően, változó fordulaton történik (vDrive™) (14.kép). A vetőegység a menetközben történő tőszámváltásokat még nagy különbségek esetén is azonnal elvégzi, így táblán belül a kísérleti vetéssel érintett zónába történő be- és kilépés alkalmával történő tőszám váltások is probléma mentesen történtek meg. A vetés lezárását egy kétlépcsős lezáróegység végzi (FurrowForce™) (15.kép), mely az első lépcsőben két homorú csillagtárcsa segítségével a magágy két oldalának összenyomását végzi. A második lépcsőben ezután két gumikerék nyomja le és tömöríti a magágyat.

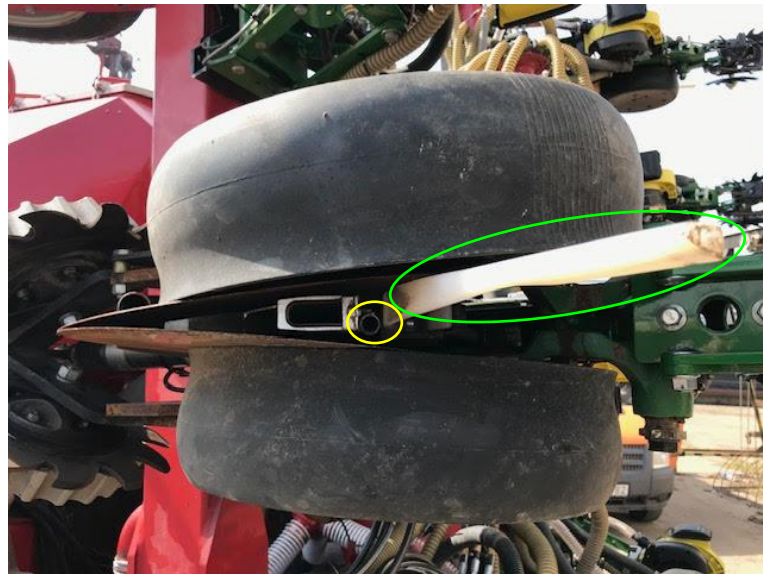
A lezáróegység nyomástartását az egységre szerelt pneumatikus munkahenger végzi, amelyet egy elektronikusan vezérelt szelep szabályoz. Az elől elhelyezkedő szögben döntött csillagkerék egymáshoz viszonyított távolsága hossz- és keresztirányban is változtatható a talajviszonyoktól és a természetéstechnológia igényeitől függően. Az egység végén található rugalmas nyomókerekek pozíciója is változtatható, melyek a beállítástól függő mértékben tömörítik vissza a magágyat.



15. kép. Kétlépcsős lezáróegység. Forrás: Precision Planting weboldal.

A vetőegység része a vetőcső kivezetése mögött található magmegfogó pálca (16.kép, zöld színnel jelölve), mely a vetőágy alá leeső mag pozícióját hivatott stabilan tartani, ezzel is biztosítva a mag megfelelő helyen tartását, illetve a szabályos tőtávolságot.

Az alapkivitel mellett szerelhető szenzoros kivitelű magmegfogó pálca (SmartFirmer™) (17.kép), mely az alkalmazott szenzoros technológiának köszönhetően vetés közben feltérképezi a magágy talajának nedvesség- és szervesanyagtartalmát. A kísérleti vetésre használt vetőgép is rendelkezett ezzel a funkcióval, azonban a kapott adatokat nem dolgoztam fel e dolgozat keretein belül az eszköz tesztjellegű felhasználása miatt.



16. kép. A V alakban elhelyezkedő vágótárcsák, az alapkivitelű magmegfogó pálca, valamint a mikrogranulátum szóró cső és annak elhelyezkedése a vetőcső kivezetése mögött. (saját felvétel)



17. kép. A SmartFirmer™ magmegfogó pálca. (saját felvétel)

A vetéssel egy menetben kijuttatott műtrágya és talajfertőtlenítőszer kijuttatásának vezérlését a Horsch Maestro 12.75 SV vetőgép saját rendszere végezte. A kijuttatás szerkezeti elemeinek elkészítését saját konstrukcióban végeztem el. Az alkalmazott talajfertőtlenítőszer kijuttatása a vetőcső kivezetése mögött kapott helyet (16.kép, sárga színnel jelölve), így az alkalmazott növényvédőszer közvetlenül a magárokba került.

A műtrágya kijuttató csöve a sávtisztító egység mögött kapott helyet (18.kép, sárga színnel jelölve), így a kijuttatott műtrágya közvetlenül a vetősáv fölötti talajra került. A műtrágya egy részét a vetőcsoroszlya be is dolgozza a magágyba.

A teljes vetéstechnológiai rendszer (19.kép) kiépítésének eredményeképpen egy olyan vetőgépet kaptam, amely alkalmas a kísérleti vetés magas minőségben történő megvalósítására, valamint ezt a pontosságot nagyüzemi szinten, nagy terület teljesítmény mellett (150-200ha/24h) és változó talajviszonyok között is képes produkálni (20.kép).



18. kép. A műtrágya kijuttató cső pozícionálása. (saját felvétel)



19. kép. A teljes vetési rendszer műveleti sora vetés közben. (saját felvétel)



20. kép. Mulcsvetés a kísérletben használt vetőgéppel. (saját felvétel)

## 4.2 A gazdálkodási tényezők hatása a vetés minőségének jellemzőire

A vetéstechnika minőségének jellemzése, a dupla vetés, a hiányos vetés, valamint a tőtávolság egyenletesség (relatív tőtávolság eltérés) elemzése lehetőséget nyújt a vetéstechnológia eredményességének értékelésére a különböző termőhelyeken (táblákban), termőképességi zónákban eltérő tőszámok alkalmazása mellett (8.táblázat). A kapott eredmények jelentős különbséget mutattak a dupla vetés arányában a különböző táblákban és évjáratokban. Az összes táblát tekintve a 2022A táblában volt a legmagasabb a dupla vetés átlagos aránya (4,49%), míg a 2023B táblában a legalacsonyabb (2,27%). A Tukey teszt összehasonlítása is megerősítette, hogy ezek a csoportok statisztikailag különböztek egymástól, hangsúlyozva ezzel a vetés minőségének évjáratonkénti változékonyságát is, azonban a termőhely (tábla) hatásnagysága a dupla vetés előfordulására gyengének bizonyult ( $\eta_p^2=0,26$ ). A dupla vetés előfordulásának arányát jelentősen befolyásolták a 2022.év és 2023.év tábláinak eredményei, mivel az évjáratok táblái között mintegy 1,04% illetve 1,43%-os változást mértem.

A termőképességi zónák elemzésekor látható, hogy magas termőképességű zónák területén a dupla vetés átlagos aránya 4,58% volt, szemben az alacsony termőképességű zónák 2,71%-os értékével, ami a magas termőképességű zónákban szignifikánsan magasabb értéket eredményezett az átlagos termőképességű zónához (-1,11%) illetve az alacsony termőképességű zónához képest (-1,87%). A termőképességi zónák minőségének hatásnagysága azonban e változó esetében is gyengének mutatkozott ( $\eta_p^2=0,31$ ).

A kapott eredmények azt is mutatják, hogy a tőszám hatással volt a dupla vetés arányára, ami az alacsony tőszámú vetési sávokban alacsonyabb értéket eredményezett (3,21%), mint az átlagos (3,77%) és a magas (3,78%) tőszámú sávok esetében, a magyarázó hatás azonban nagyon gyenge volt ( $\eta_p^2=0,05$ ).

A hiányos vetés elemzése még nagyobb különbségeket mutatott: a 2022A tábla esetében a legmagasabb, 17,2%-os átlagos százalékos arányt, míg a 2023B tábla esetében a legalacsonyabbat, 5,9%-ot. A Tukey teszt jelentős különbségeket mutatott ki a vizsgált csoportok között, kiemelve a 2022A tábla esetében a hiányos vetések magas százalékos arányát.

A tábla változó minden évben erős hatással volt a hiányos vetésre ( $\eta_p^2=0,75$ ), a 2021B, 2022A és a 2023A táblán magasabb arányban (+1,23%, +8,08%, +4,00%) okozott a hiányos vetést, mint a 2021A, 2022B és 2023B táblában.

A termőképességi zóna elemzése azt mutatta, hogy a magas termőképességű zóna átlagosan 11,36%-os, míg az átlagos zóna alacsonyabb, 9,77%-os átlagot mutatott. Szignifikáns különbségeket csak az átlagos és magas termőképességű zónák között mértem ( $p < 0,001$ ), de a termőképességi zóna magyarázó hatása nagyon gyengének bizonyult ( $\eta_p^2=0,10$ ).

A tőszámmal történő összefüggéseket vizsgálva megállapítható, hogy a magas tőszámú csoportban volt a legmagasabb a hiányos vetés százalékos átlaga (13,08%). A tőszám emelkedésével szignifikáns különbség mutatkozott az eredmények között, ami azt mutatja, hogy az átlagos tőszámú csoportban szignifikánsan magasabb volt a hiányos vetés aránya az alacsony tőszámú csoporthoz képest (+1,72%) és a magas tőszámú csoportban is az átlagoshoz képest (+2,93%). Ez a megállapítás arra utal, hogy a magasabb tőszám nagyobb valószínűséggel járul hozzá a hiányos vetés arányának növekedéséhez ( $\eta_p^2=0,49$ ).

A tőtávolság egyenletessége is jelentősen különbözött a táblák, a termőképességi zónák és a tőszám összehasonlító értékei között ( $p < 0,001$ ). A tőtávolság relatív eltéréseinek átlaga legmagasabb arányban a 2022A táblában volt megfigyelhető (18,72%), míg a 2023B táblában volt a legalacsonyabb az átlagérték (14,61%). A táblák közötti különbség minden évben szignifikáns volt, ami az A jelű táblákon 2021-ben szignifikánsan alacsonyabb értéket (-1,47%), 2022-ben és 2023-ban pedig magasabb értékeket (+1,85% és +1,57%) eredményezett, mint a B jelű táblákon.

Az elemzés azt is megmutatta, hogy a magas termőképességű zóna tőtávolságainak relatív eltéréseinek átlaga volt a legmagasabb (18,17%), ami szignifikánsan magasabb az átlagos termőképességű zóna értékeinél (16,37%) és szintén magasabb, mint az alacsony termőképességű zóna átlaga (14,46%). Ez a megállapítás arra utal, hogy a tőtávolság egyenletességének biztosítása nagy kihívást jelent mindhárom termőképességi zóna kategóriában, a minőség javulásától függően egyre növekvő mértékben.

A tőszám hatását vizsgáló számítások eredményei továbbá azt mutatták, hogy a magas tőszámú csoportban a tőtávolság relatív eltérése szignifikánsan magasabb értéket mutatott, átlagosan 17,63%-ot, mint az átlagos (16,29%) és az alacsony (15,46%) tőszámú csoportban, ami a magasabb tőszám és a magasabb relatív tőtávolság eltérés összefüggését mutatja. Az egyes gazdálkodási változók a tőtávolság egyenletességére gyakorolt hatásmérsége mindhárom jellemző esetében nagyon gyengének bizonyult ( $\eta_p^2=0,01-0,02$ ).

8. táblázat. A gazdálkodási változók hatása a vetés minőségének jellemzőire.

Vizsgált változók		Statistikai eredmények						
Magyarázó változók	d.f.	Multiway ANOVA			Tukey teszt			
		F	p-érték	$\eta^2$	Csoport	Átlag (%)	Szign. <sup>A</sup>	
Dupla vetés	Tábla	5	11,290	<0,001	0,26	2021A	3,74	bc
						2021B	3,87	bc
						2022A	4,49	c
						2022B	3,45	b
						2023A	3,70	bc
						2023B	2,27	a
	Termőképességi zóna	2	36,926	<0,001	0,31	alacsony	2,71	a
						átlagos	3,47	b
						magas	4,58	c
	Tószám	2	4,464	0,013	0,05	alacsony	3,21	a
						átlagos	3,77	b
						magas	3,78	b
Hiányos vetés	Tábla	5	97,500	<0,001	0,75	2021A	9,99	bc
						2021B	11,22	c
						2022A	17,20	d
						2022B	9,12	b
						2023A	9,90	bc
						2023B	5,90	a
	Termőképességi zóna	2	8,976	<0,001	0,10	alacsony	10,53	ab
						átlagos	9,77	a
						magas	11,36	b
	Tószám	2	77,694	<0,001	0,49	alacsony	8,43	a
						átlagos	10,15	b
						magas	13,08	c
Tótávolság egyenletesség	Tábla	5	86,829	<0,001	0,01	2021A	16,04	b
						2021B	17,51	d
						2022A	18,72	e
						2022B	16,87	c
						2023A	16,18	b
						2023B	14,61	a
	Termőképességi zóna	2	319,62	<0,001	0,02	alacsony	14,46	a
						átlagos	16,37	b
						magas	18,17	c
	Tószám	2	128,636	<0,001	0,01	alacsony	15,46	a
						átlagos	16,29	b
						magas	17,63	c

<sup>A</sup> azonos jelölés esetén, 95%-os megbízhatósági szinten nem mutatható ki szignifikáns különbség;

<sup>B</sup> a tótávolság relatív eltérése.

### 4.3 A gazdálkodási tényezők hatása a termés jellemzőire

A betakarított napraforgó termésből parcellánként vett minták alapján elemeztem a termés hozam- (9.táblázat) és egyes minőségi jellemzőit, a nedvességtartalmat, olajtartalmat és az ezerkaszat tömeget (10.táblázat). A vizsgálat megmutatta, hogy milyen hatással van a tábla, a termőképességi zóna és a tőszám változása az említett jellemzőkre. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a 2021A tábla érte el a legmagasabb (4262 kg ha<sup>-1</sup>), míg a 2022B tábla a legalacsonyabb átlaghozamot (2575 kg ha<sup>-1</sup>). Ez a jelentős különbség rávilágít a tábla változók hozamra gyakorolt hatására. A termőhely (tábla) változása minden évjáratban jelentős különbségeket eredményezett ( $\eta_p^2=0,88$ ), a 2023. évjárat A és B jelű táblái között a legalacsonyabb 499 kg ha<sup>-1</sup> hozam differenciával, míg ugyanez a különbség a 2021. évben 1075 kg ha<sup>-1</sup> volt. A magas termőképességű zóna átlagosan 41,8%-kal magasabb hozamot (4044 kg ha<sup>-1</sup>) eredményezett, mint az alacsony termőképességű zónák átlaga (2852 kg ha<sup>-1</sup>), mely különbség igazolódott a változó hatásnagyságának vizsgálatakor is ( $\eta_p^2=0,82$ ). A tőszám hatása szignifikáns volt, de a hozamok átlaga az alacsony tőszámú csoport esetén 3490 kg ha<sup>-1</sup>, az átlagos csoportban 3509 kg ha<sup>-1</sup>, míg a magas tőszámú csoportban 3522 kg ha<sup>-1</sup> volt, így mindössze 32 kg ha<sup>-1</sup> különbséget eredményezett a csoportok között ( $\eta_p^2=0,03$ ).

9. táblázat. A gazdálkodási változók hatása a napraforgó hozamára.

Vizsgált változók	Statisztikai eredmények							
	Magyarozó változók d.f.	Multiway ANOVA			Tukey teszt			
		F	p-érték	$\eta_p^2$	Csoport	Átlag (kg ha <sup>-1</sup> ) Szign. <sup>A</sup>		
Hozam	Tábla	5	228,621	<0,001	0,88	2021A	4262	d
						2021B	3187	b
						2022A	3074	b
						2022B	2575	a
						2023A	3702	c
						2023B	4243	d
	Termőképességi zóna	2	362,092	<0,001	0,82	alacsony	2852	a
						átlagos	3625	b
						magas	4044	c
	Tőszám	2		ns	0,03	alacsony	3490	a
						átlagos	3509	a
						magas	3522	a

<sup>A</sup> azonos jelölés esetén, 95%-os megbízhatósági szinten nem mutatható ki szignifikáns különbség

A betakarított napraforgó kaszat nedvességtartalmát tekintve a kapott eredmények azt mutatják, hogy a 2023A tábláról betakarított termés nedvességtartalma volt a legmagasabb (6,99m/m%), szemben a 2023B táblával, amelynek nedvességtartalma a

legalacsonyabb volt (5,74m/m%). Az elemzés rávilágított, hogy kaszat nedvességtartalmát jelentősen befolyásolta a tábla hatása ( $\eta_p^2=0,9$ ). Az elemzés megmutatta, hogy a napraforgó nedvességtartalma az alacsony termőképességű zónáktól (6,33m/m%) a magas termőképességű zónák felé csökkent, ami arra utal, hogy a különböző zónák adottságai is fontos szerepet játszanak ( $\eta_p^2=0,57$ ) a betakarításkori nedvességtartalom alakulásában. A tőszám hatása szignifikánsan azonos szintű volt a kaszat nedvességtartalmára az összes vizsgált tőszám esetében és a hatásnagysága is csak nagyon gyenge volt ( $\eta_p^2=0,02$ ). A mért különbség a legalacsonyabb és legmagasabb értékek között mindössze 0,05m/m% volt.

A betakarított napraforgókaszat olajtartalmának elemzésekor azt tapasztaltam, hogy az a 2021A táblában volt a legmagasabb (47,56m/m%), míg a 2022A táblában a legalacsonyabb (42,67m/m%). A jelentős táblánkénti különbségek rávilágítanak a tábla változó magyarázó hatásának erősségére ( $\eta_p^2=0,79$ ). A termőképességi zónák szignifikáns ( $p < 0,001$ ) hatással voltak az olajtartalomra, mely az alacsony termőképességű zónában alacsonyabb olajtartalmat eredményezett (45,79m/m%), mint az átlagos (46,39m/m%) és magas termőképességű zónákban (46,68m/m%). Azonban az átlagos és magas termőképességű zónák szignifikáns különbséget nem mutattak. Az olajtartalom tekintetében szignifikáns különbséget csak az alacsony (46,08m/m%) és a magas tőszámú (46,54m/m%) csoportok között sikerült kimutatni. Ez az eredmény arra utal, hogy a termőképességi zóna minőségének ( $\eta_p^2=0,15$ ) és a hektáronkénti tőszám emelésének ( $\eta_p^2=0,05$ ) magyarázó hatása is szignifikánsan csak nagyon gyenge a napraforgókaszat olajtartalmára.

Az ezerkaszat tömeg jelentősen változott az egyes táblákról betakarított napraforgó esetében ( $\eta_p^2=0,95$ ). A legmagasabb értéket a 2023A táblán mértem (77,75 g), míg a 2022B táblán a mértem a legalacsonyabb értéket (40,66 g). A 2021-es évjáratban a két kutatásba bevont táblán szignifikánsan hasonló adatokat mértem (2021A: 54,96 g; 2021B: 55,41 g), míg a 2022-ben és 2023-ban mért eredmények jelentős különbségeket mutattak az évjáraton belül is az egyes táblák esetében, mely ismét arra enged következtetni, hogy az ezerkaszat tömeg alakulásában is nagy szerepe van a környezeti hatásoknak és a termőhelyi sajátosságoknak.

10. táblázat. A gazdálkodási változók hatása a napraforgó termés minőségének jellemzőire.

Vizsgált változók	Statisztikai eredmények							
	Magyarázó változók d.f.		Multiway ANOVA			Tukey teszt		
			F	p-érték	$\eta^2$	Csoport	Átlag (%)	Szign. <sup>A</sup>
Nedvességtartalom	Tábla	5	289,902	<0,001	0,9	2021A	6,09	c
						2021B	6,24	d
						2022A	5,87	b
						2022B	5,82	ab
						2023A	6,99	e
						2023B	5,74	a
	Termőképességi zóna	2	105,725	<0,001	0,57	alacsony	6,33	c
						átlagos	6,11	b
						magas	5,93	a
	Tőszám	2		ns	0,02	alacsony	6,15	a
átlagos						6,10	a	
magas						6,13	a	
Olajtartalom	Tábla	5	119,508	<0,001	0,79	2021A	47,56	c
						2021B	47,32	c
						2022A	42,67	a
						2022B	46,34	b
						2023A	46,43	b
						2023B	47,38	c
	Termőképességi zóna	2	14,449	<0,001	0,15	alacsony	45,79	a
						átlagos	46,39	b
						magas	46,68	b
	Tőszám	2	3,945	0,021	0,05	alacsony	46,08	a
átlagos						46,23	ab	
magas						46,54	b	
Ezerkaszat tömeg	Tábla	5	612,507	<0,001	0,95	2021A	54,96	b
						2021B	55,41	b
						2022A	67,90	d
						2022B	40,66	a
						2023A	77,75	e
						2023B	59,83	c
	Termőképességi zóna	2	111,076	<0,001	0,58	alacsony	55,03	a
						átlagos	61,64	b
						magas	61,58	b
	Tőszám	2	126,603	<0,001	0,61	alacsony	63,76	c
átlagos						58,77	b	
magas						55,72	a	

<sup>A</sup> azonos jelölés esetén, 95%-os megbízhatósági szinten nem mutatható ki szignifikáns különbség

A termőképességi zónáknak is szignifikánsan kimutatható ( $p < 0,001$ ) hatása volt az ezerkaszat tömegre ( $\eta^2=0,58$ ), mely az alacsony termőképességű zónákban volt

átlagosan a legalacsonyabb (55,03 g). Az átlagos (61,64 g) és magas (61,58 g) termőképességű zónákban szignifikáns különbség nem volt kimutatható.

A tőszám emelésével szignifikáns csökkenés volt kimutatható az ezerkaszat tömegben. Az alacsony tőszámú csoport átlagának esetében 63,76 g, az átlagos tőszámú csoport esetében 58,77 g, míg a magas tőszámú csoport esetében 55,72 g ezerkaszat tömeget mértem. A tőszám változása közepesen erős hatásnagyságot ( $\eta_p^2=0,61$ ) mutatott a napraforgó ezerkaszat tömegére.

#### **4.4 A talaj változók és a tengerszint feletti magasság, valamint a talaj változók közötti kapcsolatok vizsgálata**

A kutatás 2021-2023 között tartó időszakában évente két különböző táblán, táblánként három különböző minőségű termőképességű zónában, a talaj 0-30 cm rétegéből, zónánként 10 ponton vett talajmintából képzett átlagmintából származó talaj változó paramétereket vettem össze egymással, illetve az egyes táblákhoz tartozó tengerszint feletti magasság adatokkal (11.táblázat).

A statisztikai vizsgálatokat a Pearson-féle korrelációs módszerrel végeztem, mely összefüggést talált a tengerszint feletti magasság (tszfm) és több talaj változó között. Az egyik legerősebb korrelációt a sótartalommal összefüggésben mértem, ahol a korreláció negatív volt ( $R = -0,52$ ), vagyis a tszfm növekedésével a sótartalom csökkenő tendenciát mutatott.

Hasonló negatív korrelációt mértem a tszfm és a  $K_2O$  ( $R = -0,59$ ), Mg ( $R = -0,45$ ), Zn ( $R = -0,45$ ) tartalom esetében. A tszfm és a többi jellemző esetében gyenge, illetve nagyon gyenge korrelációt mértem.

A talajjellemzők közötti összefüggések vizsgálatakor a legmagasabb korrelációt a pH és  $CaCO_3$  tartalom között mértem. A korreláció iránya pozitív volt, közepes szignifikancia szinttel ( $R = 0,53$ ). Gyenge szignifikanciát mutatott a pH és a  $P_2O_5$  tartalom ( $R = 0,37$ ), valamint a humusztartalom ( $R = 0,35$ ) korrelációja.

A legerősebb korrelációt a talaj kötöttsége és sótartalma ( $R = 0,64$ ), valamint a Cu ( $R = 0,60$ ) tartalma, míg közepes szignifikancia szinten a Mg ( $R = 0,57$ ) tartalom között mértem ( $p < 0,01$ ).

A talaj kötöttsége és a Mn tartalom között közepesen erős szignifikancia szinten negatív korreláció mutatkozott ( $R = -0,55$ ) ( $p < 0,05$ ).

A talaj sótartalma és a humusz- (R = 0,51), N- (R = 0,47), Mg- (R = 0,53), Na-tartalom (R = 0,50) között közepes szintű pozitív korrelációt mértem (p < 0,01).

A talaj CaCO<sub>3</sub> tartalmának elemzése során a legerősebb korrelációs értékeket két tényező esetében figyeltem meg. A humusztartalommal összefüggésben erős pozitív korreláció (R = 0,71), a Mn-tartalom esetében szinte ugyanilyen mértékű ezzel ellentétes erős negatív korreláció (R = -0,72) mutatkozott (p < 0,01).

A N-, és K<sub>2</sub>O-tartalom esetében közepes pozitív korrelációt mértem (R = 0,50), a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> esetében viszont gyenge korrelációt a N-tartalommal (R = 0,27) (p < 0,01).

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a nitrogén és a kálium – a napraforgó számára legfontosabb makroelemek – összefüggést mutatnak egymással a talajban. A nitrogénhez hasonló, erős korrelációt mértem a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és a K<sub>2</sub>O között (R = 0,69).

A korrelációelemzés során nagyon erős pozitív korrelációt a K<sub>2</sub>O és a Zn-tartalom között mértem, ahol az R-érték 0,83 volt (p < 0,01), erős negatív korreláció mutatkozott a Na- és Mn-tartalom között (R = -0,75) (p < 0,01).

11. táblázat. A talajjellemzők és a tengerszint feletti magasság (tszfm) közötti összefüggések a vizsgált terület termőképességi zónáiban (Pearson korreláció, \*\*p < 0,01; \*p < 0,05).

pH	-0.10																	
K <sub>Aranv</sub>	-0.14	0.19																
Sótartalom	-0.52	0.27	0.64															
CaCO <sub>3</sub>	0.05	0.53	0.30	0.33														
Humusz	0.17	0.35	0.37	0.51	0.71													
N	-0.28	0.10	-0.09	0.47	0.30	0.47												
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.13	0.37	-0.16	-0.08	0.23	0.22	0.27											
K <sub>2</sub> O	-0.59	0.13	-0.3	0.19	-0.08	0.06	0.50	0.69										
Mg	-0.45	0.12	0.57	0.53	-0.02	-0.11	-0.29	-0.46	-0.23									
Na	-0.01	0.28	0.38	0.50	0.48	0.54	0.38	-0.30	-0.32	0.26								
Zn	-0.45	0.13	-0.35	-0.14	-0.17	-0.24	0.07	0.68	0.83	-0.29	-0.63							
Cu	0.25	0.08	0.60	0.07	-0.06	-0.01	-0.51	-0.44	-0.62	0.57	0.22	-0.49						
Mn	-0.16	-0.44	-0.55	-0.42	-0.72	-0.67	-0.21	-0.04	0.34	-0.19	-0.75	0.58	-0.21					
S	-0.08	0.27	-0.18	-0.08	0.29	0.07	-0.15	0.41	0.29	-0.05	-0.27	0.48	-0.23	0.01				
	tszfm	pH	K <sub>Aranv</sub>	Só- tartalom	CaCO <sub>3</sub>	Humusz	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	Zn	Cu	Mn				

#### 4.5 A talaj- és környezeti változók hatása a termés jellemzőire, valamint a talaj változók hatása a vetés minőségére

Annak érdekében, hogy információt kapjunk arról hogyan befolyásolták a napraforgó termés mennyiségi és minőségi jellemzőit a termőhelyi sajátosságok és klimatikus tényezők statisztikai módszerekkel összevettem a változókat és összefüggéseket kerestem.

Az elemzés során megfigyeltem, hogy a hozamot a talaj humusztartalma ( $R = -0,42$ ) befolyásolta leginkább.

A nedvességtartalom és a talaj kötöttsége ( $K_{Arany}$ ) közötti korreláció szintén közepes volt ( $R = -0,56$ ), ahogy a N- ( $R = 0,52$ ) és a Cu-tartalom ( $R = -0,52$ ) esetében is ( $p < 0,01$ ), ami arra enged következtetni, hogy a talaj nitrogén- és réztartalmának, valamint a talaj kötöttségének növekedésével nőtt a betakarított termés nedvességtartalma is.

A napraforgó termés olajtartalma és a vizsgált tényezők között szignifikáns korrelációt mutató tényezők mind negatívan korreláltak, a legerősebb korreláció a  $CaCO_3$  ( $R = -0,61$ ) és a Cu ( $R = -0,52$ ) esetében volt.

Az ezerkaszat tömeg közepes pozitív korrelációt mutatott a talaj N- ( $R = 0,51$ ), Zn- ( $R = -0,40$ ) és a Mn ( $R = -0,44$ ) tartalmával, valamint a Na-tartalmával ( $R = 0,38$ ) közepes negatív korrelációt ( $p < 0,01$ ). Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a talaj nitrogén- és nátrium tartalmának változásának irányával egyezően változik a napraforgó termés ezerkaszat tömege is, valamint a cink- és mangántartalom hatásaként ezzel ellentétes eredményekre számíthatunk.

A vetés minőségi paraméterek vizsgálatakor a hiányos vetést jobban befolyásolták az egyes talajparaméterek mint a dupla vetést, ennek megfelelően a hiányos vetéssel összefüggésben a talaj  $CaCO_3$ - ( $R = 0,55$ ) és humusztartalmával ( $R = 0,48$ ) pozitív közepesen erős korreláció volt kimutatható. A Mn és a hiányos vetés esetében ellentétes, de hasonló erősségű ( $R = -0,43$ ) korrelációt mértem ( $p < 0,01$ ).

A tőtávolság egyenletesség vonatkozásában a kapcsolat mértéke szignifikáns, de nagyon gyenge volt minden mért paraméter esetében (12.táblázat).

12.táblázat. A talajjellemzők, valamint a termés- és a vetés minőségének jellemzői közötti összefüggések a kísérleti területek termőképességi zónáiban (Pearson korreláció, \*\*p < 0,01; \*p < 0,05).

hozam	-0.25 **	0.29 **	-0.08	-0.18 **	-0.42 **	-0.08	-0.13	-0.34 **	-0.02	-0.04	-0.15 *	0.18 **	-0.03	-0.18 **
nedvességt.	-0.16 *	-0.56 **	-0.03	-0.21 **	-0.02	0.52 **	0.04	0.27 **	-0.36 **	-0.06	-0.01	-0.52 **	0.17 *	-0.07
olajtartalom	-0.45 **	-0.13	-0.26 **	-0.61 **	-0.5 **	-0.32 **	-0.37 **	-0.13	0.00	-0.33 **	0.08	0.13	-0.52 **	-0.02
ezermag t.	-0.06	0.16 *	0.20 **	0.26 **	0.24 **	0.51 **	-0.01	-0.22 **	-0.29 **	0.38 **	-0.4 **	-0.18 **	-0.44 **	-0.29 **
dupla vetés	0.18 **	0.30 **	0.22 **	0.13	0.19 **	0.04	0.18 **	-0.04	0.14 *	0.06	-0.09	0.18 **	-0.25 **	0.04
hiányos vetés	0.30 **	0.23 **	0.25 **	0.55 **	0.48 **	0.18 **	0.25 **	-0.03	0.06	0.16 *	-0.12	0.00	-0.43 **	0.22
tőtáv. egy.	0.06 **	0.09 **	0.06 **	0.06 **	0.07 **	0.01 *	0.04 **	-0.01 **	0.05 **	0.04 **	-0.03 **	0.06 **	-0.09 **	0.02 **
	pH	K <sub>Arany</sub>	Só- tartalom	CaCO <sub>3</sub>	humusz	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Na	Zn	Cu	Mn	S

A tengerszint feletti magasság és a termés- valamint a vetéstechnikai változó paraméterek között nem volt szignifikáns korreláció, kivéve az ezerkaszat tömegét, ahol a  $p < 0,05$  szinten nagyon gyenge korrelációt mértem ( $R = 0,17$ ).

A csapadék mennyiségének növekedésével a hozam is nőtt, közepesen erős ( $R = 0,47$ ) pozitív korrelációt mutatva. Hasonlóan, a csapadék mennyiségével közepesen erős korrelációt mértem az ezerkaszat tömeg ( $R = 0,43$ ) és a napraforgó termés olajtartalmával ( $R = 0,41$ ) összefüggésben ( $p < 0,01$ ). Ezzel szemben közepes negatív korreláció ( $R = -0,46$ ) mutatkozott az éves csapadékmennyiség és a hiányos vetés között ( $p < 0,01$ ).

Az éves csapadékmennyiség esetében minden termés jellemző paraméter vonatkozásában ugyanaz a szignifikánsan közepes pozitív korreláció volt megfigyelhető ( $R = 0,40-0,47$ ). Az 5mm csapadékot meghaladó napok száma változó esetében a hozam ( $R = 0,50$ ), a nedvességtartalom ( $R = 0,41$ ) és az olajtartalom ( $R = 0,49$ ) esetében szignifikánsan közepes, míg az ezerkaszat tömeg ( $R = 0,38$ ) esetében gyenge pozitív korreláció mutatkozott. Ezek alapján kijelenthető, hogy nemcsak a csapadék mennyisége, hanem annak eloszlása is hasonló hatással volt a termés változóira.

Az éves átlaghőmérséklet és a hozam ( $R = -0,48$ ), valamint a napraforgó olajtartalma ( $R = -0,57$ ) szignifikánsan negatív közepes korrelációt eredményezett, míg a nedvességtartalommal kapcsolatban ( $R = -0,35$ ) gyenge, az ezerkaszat tömeggel ( $R = -0,19$ ) kapcsolatban nagyon gyenge negatív korreláció mutatkozott. A hőségnapok száma és a vizsgált termés jellemzők között minden esetben szignifikánsan negatív korreláció volt, a legerősebb korreláció a hozammal összefüggésben ( $R = -0,48$ ) mutatkozott, de az

olajtartalom ( $R = -0,48$ ), a nedvességtartalom ( $R = -0,41$ ) is közepes, az ezerkaszat tömeg ( $R = -0,39$ ) esetében azonban gyenge korrelációt mértem ( $p < 0,01$ ) (13.táblázat).

13. táblázat. A környezeti változók és a termésjellemzők közötti összefüggések a vizsgált területek termőképességi zónáiban (Pearson korreláció, \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$ ).

hozam	0,05	0,47 **	0,50 **	-0,48 **	-0,5 **
nedvességt.	0,03	0,40 **	0,41 **	-0,35 **	-0,41 **
olajtartalom	0,08	0,41 **	0,49 **	-0,57 **	-0,48 **
ezermag tömeg	0,17 *	0,43 **	0,38 **	-0,19 **	-0,39 **
	tszfm	éves csapadék mennyiség	>5mm csapadékos napok száma	éves átlag hőmérséklet	hőség napok száma

#### 4.6 A termőhely hatását befolyásoló talaj- és környezeti jellemzők

A főkomponens vizsgálati (PCA) diagram a talajváltozók esetében lópatkószerű mintázatot mutatott, de lehetővé tette a változók csoportosítását is. Szoros összefüggés volt a talaj kötöttsége ( $K_{Arany}$ ), Na- és Mg-tartalma, humusztartalma, mész- ( $CaCO_3$ ) és sótartalma, a talaj N- és S-tartalma, valamint a talaj K- és P-tartalma között. A környezeti változókon belül szoros kapcsolatot találtam az éves csapadékmennyiség és az 5mm feletti csapadékos napok száma, valamint az éves átlaghőmérséklet és a hőségnapok száma között. Ezzel szemben a tengerszint feletti magasság és a többi környezeti változó közötti kapcsolat gyenge volt.

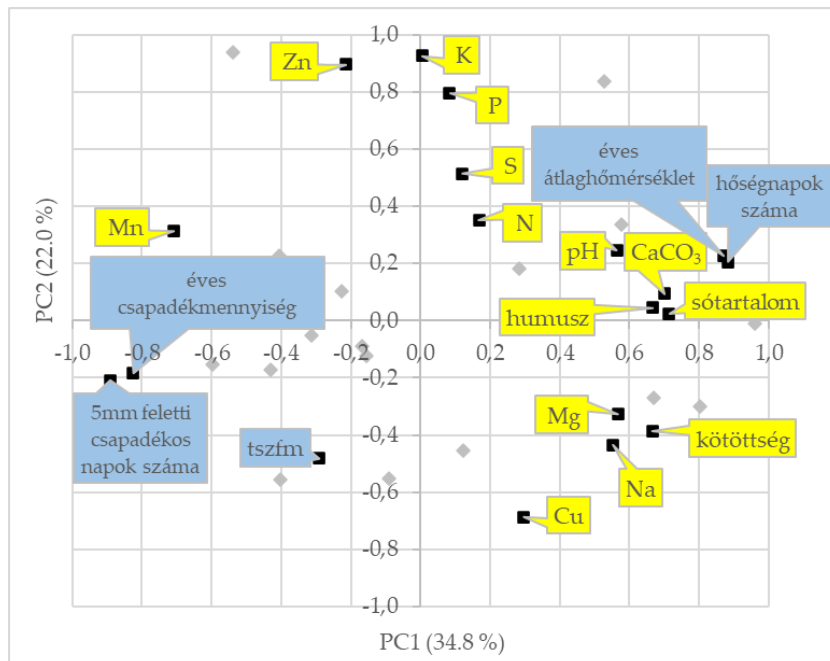
A PCA-diagram az évek közötti időjárási változékonyságot is leírta, mivel a legmagasabb éves átlaghőmérsékletet és a legalacsonyabb éves csapadékmennyiséget 2022-ben mérték. Összehasonlítva a termőképességi zónák közötti különbséget táblán belül, valamint a táblák között, láthatóvá válik, hogy a különbség a táblán belüli termőképességi zónák között kisebb, mint a különböző táblák hasonló minőségű termőképességi zónák közötti különbség, kivéve 2021A táblát és kisebb mértékben a 2021B táblát. A termőhelyek és a talajjellemzők közötti összefüggés szignifikáns volt, de a termőképességi zónák minősége és a talajváltozók közötti kapcsolat gyengének bizonyult.

A 35. és 36. ábrák adatai támasztják alá azt a megállapítást, hogy a 2022-es év tábláinak tápanyagtartalma magasabb volt - kivéve a Mn tartalmat – míg a 2021 és 2023 táblái szignifikánsan nem különböztek egymástól.

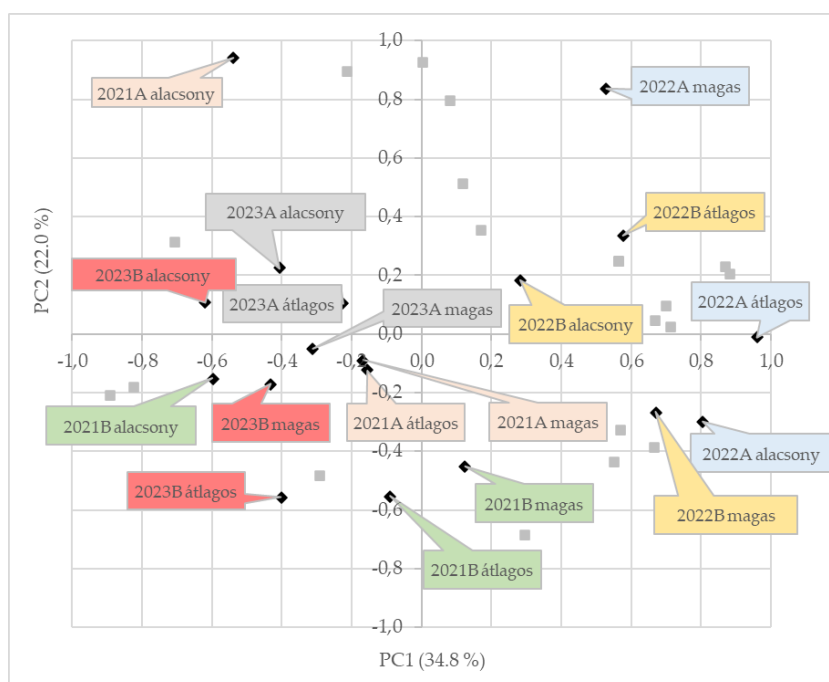
A főkomponensek hatását összehasonlítva látható, hogy a PC1 az összes környezeti és a legtöbb talaj változót befolyásolta, míg a PC2 hatással volt néhány talaj változóra, azonban a környezeti változóra gyakorolt hatása gyenge volt (35.ábra).

A termőhelyi és termőképességi zónák esetében a PC1 hatása nagyobb volt, mint a PC2 főkomponensé (36.ábra).

A *p*-értékek esetében azonban nem találtam különbséget, és az ANCOVA-k további magyarázó hatása az összes termés- és vetéstechnikai változó esetében a parciális éntárazet értékek 1,0-36,3%-os növekedésével volt kimutatható. A tábla változók független magyarázó hatása a hozam, a nedvesség és az ezerkaszat tömeg esetében volt a legnagyobb (69,4; 60,7 és 68,7%), de ezek az értékek a teljes faktoriális modellben 76,6; 76,4 és 86,3%-ra növekedtek.



35. ábra. A talajváltozók (sárga), a környezeti változók (kék) és a főkomponensek (PC 1-2) közötti kapcsolatok.



36. ábra. A vizsgált termőterületek termőképességi zónái és a főkomponensek (PC 1-2) közötti kapcsolatok (azonos színű „dobozok” jelzik ugyanazon termőterület termőképességi zónáit: alacsony, átlagos, magas).

A tábla változók gyenge független magyarázó hatását az olajtartalomra (21,2%) és a hiányos vetésre (29,3%) a teljes faktoriális modell is növelte, de ezek az értékek csak 57,5; illetve 53,0%-ot értek el. A dupla vetés és a tőtávolság egyenletesség esetében mind a tábla változók független magyarázó hatása, mind a teljes faktoriális modell hatása gyenge volt (14.táblázat).

14. táblázat. A Tábla változók és a teljes faktoriális modell hatása és magyarázó ereje a kovariancia analízisben (ANCOVA) a mért termés- és vetéstechnikai változókra.

Vizsgált változók	ANCOVA				
	Tábla változók hatása		Teljes faktoriális modell hatás <sup>A</sup>		Különbség <sup>B</sup>
	<i>p</i> -érték	$\eta^2$	<i>p</i> -érték	$\eta^2$	$\eta^2$
Hozam	<0,001	0,694	<0,001	0,766	0,072
Nedvességtartalom	<0,001	0,607	<0,001	0,764	0,157
Olajtartalom	<0,001	0,212	<0,001	0,575	0,363
Ezerkaszat tömeg	<0,001	0,687	<0,001	0,863	0,176
Dupla vetés	<0,001	0,178	<0,001	0,237	0,059
Hiányos vetés	<0,001	0,293	<0,001	0,530	0,238
Tőtávolság egyenletesség	<0,001	0,007	<0,001	0,012	0,005

<sup>A</sup>Allandó faktor: „Tábla” kovariánsok: PC<sub>1-4</sub> a talaj- és környezeti változók alapján, <sup>B</sup> A „Tábla” változók és a teljes faktoriális modellben számított parciális éta-négyzet értékek közötti különbség.

#### 4.7 A gazdálkodási változók hatása a napraforgótermesztés gazdaságosságára

A Tukey post hoc teszt eredményei alapján a tábla változónak szignifikánsan kimutatható hatása volt ( $p < 0,001$ ) a bevétel alakulására. A legalacsonyabb bevételt a 2021B táblán mértem (471 827 Ft ha<sup>-1</sup>), míg a legmagasabbat 2023B táblán (701 445 Ft ha<sup>-1</sup>). A 2021A (632 517 Ft ha<sup>-1</sup>) és a 2022A (650 202 Ft ha<sup>-1</sup>) tábla, valamint a 2022B (573 602 Ft ha<sup>-1</sup>) és a 2023A (598 546 Ft ha<sup>-1</sup>) bevétele szignifikánsan azonos szintet ért el. Nyilvánvalóan az adott év napraforgó értékesítési ára nagy szerepet játszott a bevétel alakulásában. A 2022-es extrém száraz év időjárása alacsony hozamokat eredményezett, azonban a magasabb értékesítési ár miatt a 2022A tábla a 2021A táblával, míg a 2022B tábla a 2023A táblával mutatott azonos szignifikancia szintet hektáronkénti bevétel tekintetében. A termőképességi zóna hatása a bevételre is szignifikánsan eltérő volt ( $p < 0,001$ ). Az átlagosan legalacsonyabb bevételt az alacsony termőképességi zónában mértem (496 038 Ft ha<sup>-1</sup>), míg a termőképesség növekedéssel együtt szignifikánsan nőtt a bevétel is. Az átlagos termőképességű zónában (616 301 Ft ha<sup>-1</sup>) 120 263 Ft ha<sup>-1</sup> többletbevétel mutatkozott az alacsony termőképességű zónához képest, míg ugyanez a különbség a magas termőképességű zónában (701 732 Ft ha<sup>-1</sup>) már 205 694 Ft ha<sup>-1</sup> volt. Az átlagos és a magas termőképességű zónák bevétele között is jelentős (85 431 Ft ha<sup>-1</sup>) volt a különbség. Az elemzés során a bevétel alakulásában a tábla ( $\eta_p^2=0,75$ ) és a termőképességi zóna ( $\eta_p^2=0,8$ ) változóknak is erős magyarázó hatás volt kimutatható.

A bevétel és a tőszám korrelációját illetően az összefüggés szignifikáns volt, de a Tukey post hoc teszt eredményei alapján különbséget nem sikerült kimutatni, továbbá a hatásnagyság is nagyon gyenge volt ( $\eta_p^2=0,11$ ).

Az alacsony tőszámú zónák bevétele (599 151 Ft ha<sup>-1</sup>) szignifikánsan nem tért el az átlagos tőszámú zónák eredményétől (604 893 Ft ha<sup>-1</sup>) és a magas tőszámú zónák bevételeitől sem (610 026 Ft ha<sup>-1</sup>).

A jövedelem esetében a tábla magyarázó változó szignifikáns hatást mutatott, azonban a táblák jövedelem szintjei között nagy különbségek mutatkoztak évjáraton belül és azok között is, melynek magyarázóhatása is erős volt ( $\eta_p^2=0,75$ ). A 2021A tábla jövedelme 393 424 Ft ha<sup>-1</sup>, míg a 2021B tábláé 232 734 Ft ha<sup>-1</sup> volt, mintegy 160 690 Ft ha<sup>-1</sup> különbséget eredményezve. A 2022A tábla eredménye 249 992 Ft ha<sup>-1</sup> volt, a 2022B tábláé pedig 173 392 Ft ha<sup>-1</sup>, ez esetben 76 600 Ft ha<sup>-1</sup> különbséget eredményezve. A 2023A táblán átlagosan mért jövedelem 203 336 Ft ha<sup>-1</sup>, míg a 2023B táblán 306 235 Ft ha<sup>-1</sup> volt, a különbség ebben az esetben is jelentős (102 899 Ft ha<sup>-1</sup>) volt. Az egyes

évjáratok táblái között csak csekély mértékű összefüggés figyelhető meg. Csupán a 2021B és 2022A tábla, valamint a 2021B és 2023A táblák jövedelem szintjei között figyelhető meg statisztikai jellegű összefüggés. A 2021B és 2022A tábla között viszonylag kis mértékű az eltérés (17 258 Ft ha<sup>-1</sup>), a 2021B és a 2022A tábla eltérése ettől nagyobb (29 398 Ft ha<sup>-1</sup>), de statisztikailag még azonos szignifikancia szintet mutatott.

A termőképességi zónák jövedelmet magyarázó hatása szignifikáns volt ( $p < 0,001$ ). A jövedelem mértéke a termőképességi zónák minőségének javulásával összefüggésben folyamatosan nőtt és a hatásnagyság is erősnek mutatkozott ( $\eta_p^2=0,78$ ). Az alacsony termőképességű zónák átlagos jövedelme 157 167 Ft ha<sup>-1</sup> volt, míg az átlagos termőképességű zónáké 271 463 Ft ha<sup>-1</sup>, a magas termőképességű zónáké pedig 350 926 Ft ha<sup>-1</sup>. Az alacsony és a magas termőképességű zónák közötti jövedelem különbség (193 759 Ft ha<sup>-1</sup>) jelentős volt, melyből az alacsony és az átlagos termőképességű zónák között 114 296 Ft ha<sup>-1</sup>, az átlagos és a magas termőképességű zónák között 79 463 Ft ha<sup>-1</sup> különbség mutatkozott.

A vetési kísérletben alkalmazott tőszámok jövedelmet magyarázó hatása szignifikáns volt, de az egyes tőszám csoportokhoz tartozó jövedelmek szintje statisztikailag azonos volt.

Az alacsony tőszámhoz tartozó átlagos jövedelem mértéke 259 221 Ft ha<sup>-1</sup>, ugyanez az átlagos tőszám csoportban 260 055 Ft ha<sup>-1</sup>, míg magas tőszámon 260 280 Ft ha<sup>-1</sup> volt. Az alacsony és magas tőszámú parcellák átlagosan mért jövedelem különbsége 1 059 Ft ha<sup>-1</sup>, az alacsony és átlagos tőszámú csoport különbsége 834 Ft ha<sup>-1</sup>, az átlagos és magas tőszámú csoport különbsége mindössze 225 Ft ha<sup>-1</sup> volt. A tőszám magyarázó hatása a jövedelem alakulására a teljes statisztikai elemzést vizsgálva is a leggyengébb összefüggést mutatta ( $\eta_p^2 < 0,01$ ).

A gazdaságossági elemzés eredményeit a 15.táblázatban foglaltam össze.

15. táblázat. A gazdálkodási változók hatása a napraforgó termesztés gazdaságosságára.

Vizsgált változók		Statisztikai eredmények						
		Magyarázó változók	d.f.	Multiway ANOVA			Tukey teszt	
F	p-érték			$\eta_p^2$	Csoport	Átlag (HUF ha <sup>-1</sup> )	Szign. <sup>A</sup>	
Bevétel	Tábla	5	96,114	<0,001	0,75	2021A	632 517	c
						2021B	471 827	a
						2022A	650 202	c
						2022B	573 602	b
						2023A	598 546	b
						2023B	701 445	d
	Termőképességi zóna	2	332,547	<0,001	0,8	alacsony	496 038	a
						átlagos	616 301	b
						magas	701 732	c
	Tószám	2		ns	0,11	alacsony	599 151	a
						átlagos	604 893	a
						magas	610 026	a
Jövedelem	Tábla	5	98,079	<0,001	0,75	2021A	393 424	e
						2021B	232 734	bc
						2022A	249 992	c
						2022B	173 392	a
						2023A	203 336	b
						2023B	306 235	d
	Termőképességi zóna	2	295,430	<0,001	0,78	alacsony	157 167	a
						átlagos	271 463	b
						magas	350 926	c
	Tószám	2		ns	<0,01	alacsony	259 221	a
						átlagos	260 055	a
						magas	260 280	a

<sup>A</sup> azonos jelölés esetén, 95%-os megbízhatósági szinten nem mutatható ki szignifikáns különbség

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

### 5.1 A vetés minőségét befolyásoló tényezők értékelése

A vetés minőségének jellemzésére a dupla- és hiányos vetés, valamint a tőtávolság egyenletesség (relatív tőtávolság eltérés) értékeinek vizsgálatát végeztem el.

A dupla vetés aránya a különböző évjáratokban és táblákban is jelentős különbséget mutatott. A Tukey teszt alapján a táblák közötti eredmények a 2021-ben szignifikánsan hasonlóak, azonban 2022-ben és 2023-ban szignifikánsan különbözőek voltak. A termőképességi zónánként vizsgált adataiban megfigyelhető, hogy a dupla vetés aránya a zónák minőségének javulásával szignifikánsan növekszik. Ugyanez a szignifikáns növekedés látható a tőszám emelkedésével kapcsolatban is. Ez a megállapítás arra utal, hogy a termőképesség növekedésével a talaj jellemzők hozzájárulhatnak a dupla vetés gyakoribbá válásához, azonban a Pearson korreláció a talaj változókkal kapcsolatos összefüggések vizsgálatakor többségében csak nagyon gyenge korrelációt mutatott. Szorosabb összefüggést csak a talaj kötöttségével (K<sub>ARANY</sub>), a sótartalommal és Mn tartalommal kapcsolatban mértem, de a korreláció itt is gyenge volt.

Ugyanakkor megfigyelhető, hogy termőképességi zónák minőségének javulásával növekedett az alkalmazott tőszám tényleges mértéke (3.4 fejezet), hiszen az egyes zónákban alkalmazott tőszám csoportok elnevezése megegyezik (alacsony, átlagos, magas), mégis az egyes csoportokhoz tartozó kivetett napraforgó magok száma a termőképességi zónák minőségének javulásával növekszik. Ez arra enged következtetni, hogy vetés közben állandó haladási sebesség mellett, magasabb tőszám esetén a vetőgép vetőegységházában forgó vetőtárca magasabb fordulatszámon forog. A fordulatszám növekedésével pontatlanabbá válhat a lesodró egység működése potenciálisan növelve ezzel az egyszerre két (dupla) napraforgó kaszat vetésének esélyét. Ez esetben megfontolásra javaslom a tőszám növelésével a haladási sebesség csökkentését, amely a dupla vetés arányának csökkenése mellett a tőtávolság egyenletességét is javíthatja. A dupla vetés okainak vetéstechnológiai értékelésére további vizsgálatok elvégzését javaslom.

A hiányos vetés arányának vizsgálata még nagyobb mértékű szignifikáns különbségeket mutatott az évjáratok között és évjáraton belül a táblák között is, melyet megerősített a tábla változó magyarázóhatásának mérésére irányuló elemzés is. Kimagasló, 17,2%-os arányt mértem a 2022A tábla esetében. A termőképességi zóna hatását vizsgálva az

átlagos minőségű zóna eredményezte a legalacsonyabb értéket, mind az alacsony mind a magas minőségű zónában magasabb arányban mértem a hiányos vetés eseteit és a magyarázó hatás vizsgálata is csak nagyon gyenge összefüggést mutatott a termőképességi zóna minőségével kapcsolatban. A tőszám hatását vizsgálva szignifikánsan emelkedő arány volt megfigyelhető a tőszám emelkedésével és a tőszám hatásnagysága is közepes szintű összefüggést igazolt. A Pearson korreláció elemzése alapján kimutattam, hogy a  $\text{CaCO}_3$ - és a humusztartalom szignifikánsan közepes szintű összefüggést mutatott a hiányos vetés arányával kapcsolatban. A talajvizsgálati eredmények értékei (6.melléklet) között megfigyelhető, hogy a 2022A jelű tábla átlagos termőképességű zónájában mért humusz- és  $\text{CaCO}_3$  tartalom a legmagasabb a vizsgált zónák között. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a humusz- és különösen  $\text{CaCO}_3$  tartalom magasabb szintje hátrányosan befolyásolhatja a hiányos vetés mértékét. Megfigyeltem továbbá, hogy a 2022. év időjárási téli-tavaszi időjárási körülményei voltak a legkevésbé optimálisak a napraforgó keléséhez. A kapott eredmények alapján, a hektáronkénti vetett tőszám meghatározásakor javasolom a humusz- és  $\text{CaCO}_3$  tartalom, valamint a téli csapadékösszeg figyelembevételét.

A napraforgó esetében is meghatározó fontosságú az egységnyi rendelkezésre álló tenyészterület (McMaster et al., 2012.), melynek - a sortávolság mellett – meghatározó tényezője a tőszám, valamint a növények közötti tőtávolság egyenletessége (Altikat, 2013).

Vizsgálataim szerint a tőtávolság egyenletessége az egyes táblákon évjáratokon belül és az évjáratok között is (14,61%-18,72%), valamint a termőképességi zónák minőségétől (14,46%-18,17%) és az alkalmazott tőszámoktól függően (15,46%-17,63%) is változó arányú és különbségű eredményeket mutatott. A talaj változók a tőtávolság egyenletességre gyakorolt hatásának elemzésekor a Pearson korreláció minden egyes változó esetében szignifikáns, de csak nagyon gyenge korrelációt mutatott ( $R = -0,09-0,09$ ). A gazdálkodási változók hatásnagysága is nagyon gyenge volt ( $\eta_p^2=0,01-0,02$ ), így arra a következtetésre jutottam, hogy a tőtávolság egyenletesség mértékét az említett változók kis mértékben befolyásolták. A talaj tulajdonságok térbeli változékonyságának közvetlen hatását figyelte meg a vetés minőségére, a vetőmagok csírázására és a kelés dinamikájára Bakanogullari et al. (2018) is.

A talaj változók mellett nagy szerepe lehet az elérhető legpontosabb tőtávolság egyenletesség tekintetében a termelési rendszerekhez alkalmazkodó vetéstechnológiának,

mely nagyban függ az alkalmazott vetőgép műszaki megoldásaitól és a vetőgép precíz beállításától is (Aikins et al., 2020). Az általam is alkalmazott forgatás nélküli termelési rendszer magasabb szintű vetéstechnológiai-műszaki megoldásokat követel meg (Morrison et al., 1988) (Lekavičienė et al., 2019). Ebben a művelési rendszerben a vetőgépeknek egyszerre kell gondoskodniuk a talajfelszínen található szármagmaradványok kezeléséről, a napraforgó számára alkalmas magágy készítéséről, az optimális vetőmag-talaj kapcsolatról és a lehető legegyszerűsebb tőtávolság biztosításáról (Godwin, 1990). Badua et al. (2021) megállapította, hogy a nagy sebességű vetés a vetőmagok nagymértékű pattogását okozza a vetőgépen belül és a magárokban is, amely jelentősen befolyásolja a tőtávolság egyenletességét. Az alkalmazott vetéstechnológia és vetőgép beállítások tőtávolság egyenletességre gyakorolt hatásának értékelésére további vizsgálatok végzését javaslom.

## **5.2 A napraforgó hozamot és minőséget befolyásoló tényezők értékelése**

A környezeti feltételek változása és a termőhelyi sajátosságok (tábla) nagy hatással voltak a hozamra. A tábla változó magyarázó hatása különösen erős összefüggést mutatott ( $\eta_p^2=0,88$ ). A legmagasabb hozamot a 2021A táblán ( $4262 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a legalacsonyabb hozamot pedig a 2022B táblán ( $2575 \text{ kg ha}^{-1}$ ) mértem. A termőképességi zónák minősége is nagyon erősen befolyásolta a hozamot ( $\eta_p^2=0,82$ ), a magas termőképességű zónák átlagosan 41,8%-kal magasabb hozamot értek el az alacsony termőképességű zónákhoz képest. Ezzel ellentétben a tőszám változása ugyan szignifikáns hatással volt a hozamra, azonban mennyiségi különbséget nem sikerült kimutatni az egyes tőszámok között. Ezzel ellentétes következtetésre jutott Allam et al. (2003). Kísérletében a hektáronkénti hozam és az olajtartalom is szignifikáns növekedést mutatott a tőszám növelésével. Megállapítottam, hogy a talaj humusztartalma ( $R = -0,42$ ) szignifikánsan közepes negatív hatással volt a hozamra. Kiemelendő, hogy a 2022. év tenyészidőszakában tapasztalt rendkívül aszályos időjárás szignifikáns közepes szinten (éves csapadékmennyiség:  $R = 0,47$ ; éves átlaghőmérséklet:  $R = -0,50$ ) befolyásolta az ugyanebben az évben mért alacsony hozam eredményeket. Viszont a kísérletbe vont három évjárat tábláinak termőképességi zónáiban mért humusztartalom első négy legmagasabb értéke mind a 2022. év tábláinak zónáiból származott, így az alacsony hozam eredmények nagy része a legmagasabb humusztartalmú zónákból került ki. Orehovacki (2009) is a talaj humusztartalmának és a hozam összefüggéseit vizsgálta. Vizsgálataiban a magasabb

humusztartalom egyes esetekben alacsonyabb hozamokkal járt együtt, végül tanulmányában arra a következtetésre jutott, hogy az évjárat hatása a hozamra erősebb, mint a termőterület humusztartalmának hatása. Hasonló eredményre jutott Demydenko et al. (2018) is, akinek eredményei szerint a vetésforgó és a különböző évszakok hatása, valamint a műtrágyák használata és a különböző talajművelési rendszerek erősen befolyásolták a talaj humusztartalmát továbbá erős korrelációt mutattak az elérhető terméshozammal. Antal (1978) kutatásában arra a következtetésre jutott, hogy a víz hiánya a magas hozamok elérésének korlátozó tényezője, valamint Visic (1991) is azt állapította meg, hogy a virágzás kezdetétől a teljes érésig eltelt időszak átlaghőmérséklete negatív korrelációt mutat a termés mennyiségével. A kapott eredményekből megállapítható, hogy a gazdálkodási változók közül a tőszám változása - a kísérletben alkalmazott tőszámok esetében – kevésbé, viszont a tábla hatása és a termőképességi zónák minősége, valamint a környezeti változók döntően befolyásolták a hozamot. Hasonló következtetésre jutott Szabó et al. (2005), aki az alkalmazott hibrid, a környezeti feltételek és a hektáronkénti tőszám hatását komplex befolyásoló tényezőként írta le. A betakarított napraforgó nedvességtartalma táblánként változó volt, a 2023A táblában mértem a legmagasabb átlagos értéket (6,99%). Az elemzés során kimutattam, hogy a tábla változó magyarázó hatása különösen erős volt ( $\eta_p^2=0,9$ ). A nedvességtartalmat szignifikánsan közepes szinten pozitívan befolyásolta a talaj N tartalma, valamint negatívan a talaj kötöttsége és réztartalma, melyhez hasonló eredményeket mértek Tahoun et al. (2022) is. A környezeti változók közül az éves csapadék mennyisége és a hőség napok száma is szignifikánsan közepes negatív korrelációt eredményezett a nedvességtartalommal. Észrevehető még, hogy a termőképességi zóna minőségének növekedésével a nedvességtartalom csökkent, de a termőképességi zóna magyarázó hatása csak közepes szintű volt. A nedvességtartalom értéke a tőszám változásával szignifikánsan azonos szintű maradt. A kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy nedvességtartalommal összefüggésben az egyes talaj- és környezeti változók együttes hatása befolyásolja a napraforgó magok érését, a napraforgó tányér vízleadását. Az olajtartalom szignifikánsan erős negatív korrelációt mutatott a  $\text{CaCO}_3$  tartalommal, valamint közepes szintű negatív összefüggést a talaj pH-val, a humusz- és Mn tartalommal. Szintén szignifikánsan közepes mértékű pozitív a korreláció a környezeti változók közül az éves csapadékmennyiséggel, az 5mm-t meghaladó csapadékos napok számával, valamint negatív az éves átlaghőmérséklettel és a hőség napok számával.

Hasonló eredményt mért Wang et al. (1997a) (1997b) is, aki kutatásában megállapította, hogy a virágzás és kaszattelítődés időszakában a napi átlaghőmérsékletnek szignifikáns hatása van az olajtartalomra. A gazdálkodási tényezők közül a tábla változó magyarázó hatása erős, míg a termőképességi zóna és a tőszám hatása csak nagyon gyenge volt. Az olajtartalom esetében azt a következtetést vontam le, hogy az egyes talaj- és környezeti változók együttes hatása befolyásolja a napraforgókaszat olajtartalmát.

Az ezerkaszat tömeg és a környezeti változók közötti kapcsolatot vizsgálva szignifikánsan közepes pozitív korrelációt mértem az éves csapadékmennyiséggel és gyenge negatív korrelációt a hőségnapok számával. A gazdálkodási változók hatásait vizsgálva látható, hogy a tábla változó hatása nagyon erősen ( $\eta_p^2=0,95$ ), míg a termőképességi zóna, valamint a tőszám hatása közepes mértékben befolyásolja az ezerkaszat tömeg alakulását. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a téli csapadékösszeg és a tenyészidőszakban hullott csapadék mennyisége, valamint a gazdálkodási változók együttesen befolyásolják a napraforgó tányérban fejlődő kaszatok súlyát.

### **5.3 A talaj változók közötti összefüggések értékelése**

A talaj pH és a  $\text{CaCO}_3$  között szignifikánsan közepes pozitív korrelációt figyeltem meg, ami azt jelzi, hogy a magasabb  $\text{CaCO}_3$  koncentráció a talaj pH értékének növekedéséhez vezethet a karbonátásványok pufferkapacitása miatt. Ez az összefüggés befolyásolja a mikroelemek felvehetőségét, mivel a megnövekedett pH csökkentheti az olyan elemek, mint a Fe, Mn, Cu, Zn kioldódását, ezáltal csökkentve a hozzáférhetőséget a növény számára. A talaj kötöttsége és a sótartalom, valamint a Mg tartalom közötti szignifikánsan erős pozitív korreláció arra utal, hogy a finomabb szerkezetű, magasabb agyagtartalmú talajok több sót és magnéziumot tarthatnak vissza. Ezt a megállapítást alátámasztják azok a vizsgálatok is, amelyek szerint a magasabb agyag- és szervesanyag tartalmú talajok jelentősen magasabb mikroelem-koncentrációval rendelkeznek, beleértve a magnéziumot is (Choudhury et al., 2021). Ezzel szemben a talaj kötöttsége és a Mn tartalom közötti szignifikánsan közepes negatív korreláció arra utalhat, hogy a durvább szerkezetű, alacsonyabb agyagtartalmú talajok Mn visszatartó képessége csökkent (Clark et al., 2020). A Mn tartalom szignifikánsan erős, illetve közepes negatív korrelációt mutatott számos talaj változóval szemben, mint például pH, talaj kötöttség, só-, humusz-,  $\text{CaCO}_3$ -, Zn-, Na tartalom. Saniga et al. (2005) hasonló összefüggést talált a talaj kötöttsége és a

tápanyagtartalom között a növények fejlődésével kapcsolatban. A PCA diagram által csoportosított talaj változók közül a talaj kötöttség szignifikáns kapcsolatot mutatott a Na-, Mg-, humusz-, CaCO<sub>3</sub>, valamint a só-, N-, és S-, illetve K<sub>2</sub>O és P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom között. A talaj pH és a hozam összefüggését vizsgálva szignifikánsan gyenge negatív korrelációt mértem. Ezt támasztja alá Láng (1967) kutatása is, mely szerint a napraforgó a talaj kémhatásával szemben közömbös. Gyulai et al. (1995) kimutatta, hogy a napraforgó a legnagyobb termést csernozjom vályog talajon 6,5-7,5 pH között adta.

A talaj változók feltárt összefüggései rámutatnak, hogy a termés mennyiségi- és minőségi paramétereinek alakulása a legtöbb esetben a gazdálkodási, környezeti változók hatásai mellett a talaj változók közötti fiziológiai és biológiai kapcsolatok jellegétől is nagy mértékben függenek.

#### **5.4 A tengerszint feletti magasság szerepe**

A tengerszint feletti magasság és a talaj sótartalma, valamint K<sub>2</sub>O-, Mg-, és Zn tartalom között megfigyelt negatív korreláció összhangban van a tengerszint feletti magasságnak a talaj tulajdonságaira gyakorolt hatását vizsgáló különböző tanulmányok eredményeivel. Egyiptomi kutatók szignifikánsan erős negatív kapcsolatot mutattak ki a felszín tengerszint feletti magassága és a talaj sótartalma között, a nagyobb magasságban alacsonyabb elektromos vezetőképesség (EC) értékeket mutattak ki. Ezt a tendenciát regressziós modellekkel számszerűsítették, amelyek akár  $R^2 = 0,94$  értéket is eredményeztek ami jelzi, hogy a tengerszint feletti magasság jelentős előre jelzője a talaj sótartalmának (Bakr et al., 2019). Hasonlóképpen egy tanulmány, amely a tengerszint feletti magasságnak a talaj kötöttségére gyakorolt hatását vizsgálta azt találta, hogy a talaj EC értéke a tengerszint feletti magasság növekedésével csökkent, ami arra utal, hogy nagyobb magasságban kisebb a só felhalmozódása. Ezt a megállapítást annak a tényezőnek tulajdonították, hogy a nagyobb magasságokban a bázisképző kationok (pl. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) felhalmozódása csökkent, valamint a talaj CaCO<sub>3</sub> szintje is alacsonyabb volt (Kamal et al., 2023.). Ezek az eredmények összhangban vannak a tengerszint feletti magasság és a K<sub>2</sub>O-, Mg- és Zn tartalom között jelen tanulmányban megfigyelt negatív korrelációkkal.

A tengerszint feletti magasságnak a termés jellemzőire gyakorolt hatását vizsgálva azt a következtetést vontam le, hogy a kísérletbe vont területek tengerszintfeletti magasságában és elhelyezkedésében nem mutatható ki olyan szignifikáns különbség,

amely hatással lenne a hozamra, a nedvességtartalomra és olajtartalomra, valamint az ezermag tömegre.

### **5.5 A napraforgótermesztés gazdaságosságát meghatározó tényezők értékelése**

A gazdálkodási változók hatásainak vizsgálata során fontos megjegyezni, hogy a tábla változónak ugyan szignifikáns hatása van a bevételre és a jövedelemre is, azonban az elért bevétel és jövedelem szintek alakulásában nagy szerepet játszottak a külső piaci folyamatok is. Az évente változó mértékű inputanyag beszerzési és napraforgó értékesítési árak alakulása döntően befolyásolta az egyes táblák bevétel és jövedelem szintjét az egyes évjáratokban. Az értékesítési ár alakulása különösen hektikusnak mutatkozott. Az évjáratokon belüli táblák közötti termés mennyiségi- és minőségi különbségek rávilágítanak a termőhelyi adottságok fontosságára a gazdaságos napraforgótermelés tekintetében.

A termőképességi zónák minősége szerinti vizsgálat már árnyaltabb képet mutat hiszen mind a három évjárat azonos minőségű zóna csoportjai kerültek egymással összehasonlításra. A vizsgálat megmutatta, hogy habár a napraforgót a termőhelyi különbségeket jól kompenzáló növényként tartjuk számon a hosszú idősoros termőképességi zónaminősítés alapján lehatárolt különböző termőképességi szintű zónákban mind a hozam, mind az olajtartalom tekintetében szignifikánsan növekvő korrelációt mértem a termőképesség minőségének javulásával megegyezően. A hektáronkénti magasabb hozam és olajtartalom bonifikáció után járó bevétel pedig azonos költségszint mellett magasabb nyereséget eredményezett.

A tőszám változtatása szignifikánsan azonos bevétel és jövedelem szintet eredményezett. Ha megvizsgáljuk a tőszám, külön-külön az egyes termés változókra gyakorolt hatását látható, hogy a hozamra és nedvességtartalomra szignifikánsan azonos szintű hatással volt. Az olajtartalom és az ezerkaszat tömeg esetében mutatkozik szignifikáns különbség, azonban az ezerkaszat tömeg nem befolyásolja sem a bevétel, sem a jövedelem mértékét, az olajtartalom után járó bonifikáció mértéke pedig önmagában érdemben nem tudta befolyásolni a többi tényező gazdaságosságát kiegyenlítő hatását.

## 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy a szántóföldi kísérletbe vont területekről 2017-2020 között, a vegetációs időszakokban, műholdas távérzékeléssel gyűjtött felvételek alapján meghatározott magas termőképességű zónákban a betakarított napraforgó átlagos hozama ( $4044 \text{ kg ha}^{-1}$ ) szignifikánsan magasabb volt, mint az átlagos ( $3625 \text{ kg ha}^{-1}$ ) és az alacsony ( $2852 \text{ kg ha}^{-1}$ ) termőképességű zónákban.
2. Vizsgálataimban kimutattam, hogy a szántóföldi kísérletben a saját meteorológiai állomás által a kísérlet évjárataiban mért éves csapadék mennyiségek (mm) és az évjáratonkénti átlaghozamok ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) között szignifikáns pozitív összefüggés van (2021:  $511,2 \text{ mm} / 3724,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ; 2022:  $402,6 \text{ mm} / 2824,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ; 2023:  $819,6 \text{ mm} / 3972,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ).
3. Megállapítottam, hogy a szántóföldi kísérletben a vizsgált évjáratokban az éves csapadék mennyiségének (mm) növekedésével az évjáratonként betakarított napraforgó átlagos ezerkaszat tömege (g) szignifikánsan nőtt (2021:  $511,2 \text{ mm} / 55,19 \text{ g}$ ; 2022:  $402,6 \text{ mm} / 54,28 \text{ g}$ ; 2023:  $819,6 \text{ mm} / 68,79 \text{ g}$ ).
4. Megállapítottam, hogy a szántóföldi kísérleti területekről 2017-2020 között, a vegetációs időszakokban, műholdas távérzékeléssel gyűjtött felvételek alapján a napraforgó termesztésből származó hektáronkénti átlagos bevétel (B) és a jövedelem (J) mértéke a magas termőképességű zónákban (B:  $701\,732 \text{ Ft}$ ; J:  $350\,926 \text{ Ft}$ ) szignifikánsan magasabb volt, mint az átlagos (B:  $616\,301 \text{ Ft}$ ; J:  $271\,463 \text{ Ft}$ ) és az alacsony termőképességű zónákban (B:  $496\,038 \text{ Ft}$ ; J:  $157\,167 \text{ Ft}$ ).
5. A kutatásom eredményei bizonyították, hogy az alkalmazott precíziós vetéstechnológia során a differenciált tőszámú napraforgó vetési kísérletben a változó tőszámok hatására, a napraforgótermesztésből származó hektáronkénti jövedelemben nincs szignifikánsan kimutatható különbség (alacsony:  $259\,221 \text{ Ft}$ ; átlagos:  $260\,055 \text{ Ft}$ ; magas:  $260\,280 \text{ Ft}$ ).

## 7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A vetéstechnikai vizsgálatok eredményei szerint a tőszám növelésével a tőtávolság egyenletessége romlott. A termőképességi zónákban alkalmazott tőszám csoportok értékei az egyes zónákban változóak, mert a termőképesség növekedésével növekvő tőszámot alkalmaztam. Az állandó haladási sebesség mellett a növekvő tőszám miatt a vetőgép vetőegységében a vetőtárca egyre magasabb fordulatszámon forog. A fordulatszám növekedésével pontatlanabbá válhat a maglesodró egység működése, potenciálisan növelve ezzel az egyszerre két mag vetésének esélyét. Javasom a tőszám emelésével a haladási sebesség csökkentését, ezzel megakadályozva a dupla- és hiányos vetés, valamint a relatív tőtávolság eltérés arányának növekedését. A túl gyors haladási sebesség a vetőgép és a vetőcsőben a mag fokozott pattogását is okozhatja, ami pontatlan mag lehelyezéshez és a tőtávolság egyenletességének további romlásához is vezethet. A napraforgó vetése során alapvető fontosságú a vetőgép helyes beállítása és a haladási sebesség helyes megválasztása.
2. A napraforgó termesztés eredményességére nagy hatással van az időjárás változékonysága, különösen fontos a téli csapadékösszeg mértéke. A vetés tervezésekor érdemes figyelembe venni a téli csapadékösszeg mértékét és körültekintően megválasztani a hektáronként vetett tőszámot.
3. Vizsgálataimban kimutattam, hogy a hektáronkénti tőszám növelése pozitívan befolyásolta a betakarított kaszat olajtartalmát. A gyakorlatban érdemes megfontolni a magas termőképességű területeken a tőszám növelését a magasabb olajtartalom után járó bonifikációs prémium elérésének érdekében.
4. A talaj tulajdonságok kölcsönhatásait vizsgáló eredmények szerint a nitrogén és a kálium, valamint a foszfor és a kálium összefüggést mutatnak egymással a talajban. Ezek alapján érdemes átgondolni a napraforgó tápanyag utánpótlását, hiszen a különböző talajtípusok tápanyagkészletét kiválóan hasznosítja, mivel vastag karógyökerével a talaj mélyebb rétegeiből is képes a makroelemek hatékony felvételére. A napraforgó a talaj kémhatására kevésbé érzékeny növények közé tartozik, azonban a magasabb  $\text{CaCO}_3$  tartalommal (pH 6,5<) rendelkező talajok esetében a mikroelemek pótlására szükséges odafigyelni.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági termelés színvonalának az elmúlt néhány évtizedben bekövetkezett ugrásszerű emelkedése révén nagy figyelmet kapott a ráfordított erőforrások (energetikai, ökológiai, humán) mértéke is. Ugyanakkor a szélsőséges időjárási jelenségek is egyre gyakrabban előforduló jelenségek. Ezek a hatások nagyban befolyásolják, illetve megváltoztatják a talajok vízforgalmát, biológiai-fizikai-kémiai tulajdonságait, melyek az eddig eredményesen alkalmazott talajművelési rendszerek átgondolására készítetik a gazdálkodókat.

A műholdas helymeghatározás technológiáján alapuló precíziós növénytermesztés eszközeinek fejlődése révén napjainkban olyan térinformatikai programok és művelőeszközök elérhetők el a gazdálkodók részére, melyek segítségével fenntarthatóbbá válhat a gazdálkodás hatékonysága. A termőhelyspecifikus tőszámszabályozott vetés eredményei még mindig újdonságnak számítanak, különösen a napraforgó esetében, mely kiváló alkalmazkodó képességének köszönhetően kevésbé érzékeny a hektáronként kivetett tőszám változásaira.

A disszertációm alapját képező kutatás célkitűzései voltak: (1) műholdas távérzékelési rendszerek és térinformatikai eszközök, meteorológiai- és talajvizsgálati adatok felhasználásával, valamint precíziós vetéstechnológia alkalmazásával vizsgálni a gazdálkodási-, talaj- és környezeti változók hatását a vetés minőségére, (2) statisztikai módszerek alkalmazásával kutatni a gazdálkodási-, talaj- és környezeti tényezők változásának a termés jellemzőire gyakorolt hatását, (3) a különböző termőképességű zónákból származó talajvizsgálati eredmények alapján feltárni az egyes talaj tulajdonságok közötti kölcsönhatásokat, (4) a termőterületek (táblák) tengerszint feletti magassága és a talaj tápanyagtartalma közötti kapcsolatok vizsgálata, (5) a gazdálkodási tényezők a napraforgó termesztés gazdaságosságát, a hektáronkénti bevétel és jövedelem mértékét befolyásoló hatásainak feltárása.

A vizsgálati elvégzésének helyt adó vetési kísérletek helyszíne a Borsodi-Mezőségi tájegységre jellemző réti talajtípusú területek voltak, melyek a napraforgótermesztésre teljes mértékben alkalmasak, egyben a térség vízgazdálkodásának jellege miatt változó mértékű táblán belül heterogenitás jellemzi őket, mely kiváló lehetőséget teremt a precíziós technológiák alkalmazására. A napraforgótermesztés sajátosságából eredően a

3 éves változó tőszámú vetési kísérlet 2021-2023 években, évjáratonként más-más két kísérleti táblában került beállításra elkerülve a monokultúras termesztés nyilvánvalóan a napraforgóra gyakorolt káros következményeit. A vetési kísérletben a napraforgó termesztéstechnológiája mind a három évben megegyezett, kizárólag a tőszám változott a termőképességi zónák minőségének függvényében.

A vizsgált időszak (2021-2023) időjárási eseményei alkalmasak voltak az évjárat hatás vizsgálatára is. Megfigyelhető volt, ahogy évjáratról függően váltakoznak a növénytermesztés számára kedvező, átlagosnak mondott és kedvezőtlen környezeti körülmények.

A kísérleti vetések tervezésekor alapvető fontosságú volt, hogy a területek megfelelő mértékű termőhelyi heterogenitással rendelkezzenek és a táblán belül lehetséges legyen három egymástól jól elkülöníthető termőképességi kategóriát megállapítani. A kísérleti területek termőhelyi heterogenitásának megállapításához szükséges talajtani adatokat, valamint műholdas úrfelvételeket gyűjtöttem a kísérleti éveket megelőző időszak hosszú idősoros műholdfelvételeinek elemzése során, melyekből térinformatikai eszközökkel termőképességi heterogenitás térképeket állítottam elő. A heterogenitástérképek azonos értékű pixeleiből táblánként három jól elkülöníthető minőségű (alacsony, átlagos, magas) termőképességű zóna került meghatározásra, melyekbe három tőszámkategóriában (alacsony, átlagos, magas) és négy ismétlésben került elvetésre a vetési kísérlet.

A napraforgó vetését egy precíziós vetésre alkalmassá tett szemenként vetőgép végezte, melyre egy olyan precíziós vetéstechnológiai rendszert telepítettem, amely alkalmas lehet a kísérleti vetés magas minőségben történő megvalósítására, valamint ezt a pontosságot nagyüzemi szinten, nagy terület teljesítmény mellett és változó talajviszonyok között is képes produkálni.

A vetési terv alapján kivetett tőszám és a kikelt növényszám monitorozása, valamint a vetéstechnológia tőtávolság egyenletesség ellenőrzésének céljából tőszámlálást és tőtávolságmérést végeztem, melyek a statisztikai számítások alapját képezték. A kísérleti parcellákat külön-külön takarítottam be, melyekről a betakarított napraforgó mennyiségeket mobil mérőtalpas mérőegységgel egyenként mértem meg. A

napraforgóból gyűjtött átlagmintákból az ezerkaszattömeget, nedvességtartalmat és az olajtartalmat vizsgáltam.

A termelési költségek számítása során annak mértékét évjáratonként az adott év piaci változásainak megfelelően, a valós költségek alapján határoztam meg. A bevétel számításakor, a nettó hozam mellett a termés minőségének bevételt befolyásoló tényezőit is figyelembe vettem, melyek számításakor a felvásárló által alkalmazott olaj- és nedvességtartalom bonifikációs rendszer szabályait alkalmaztam.

A statisztikai elemzés első lépésében a tábla, a termőképességi zóna és a tőszám hatását parcellaszinten, többszemponos varianciaanalízissel (Multiway ANOVA) vizsgáltam külön-külön a napraforgó terméshozamra, az olajtartalomra, a nedvességtartalomra, az ezerkaszat tömegére, a dupla- és hiányos vetésre, bevételre és jövedelemre, valamint a tőtávolság egyenletességre - kivéve a dupla- vagy hiányos vetés eseteit - egyedi növény szinten. A szignifikáns eseteket Tukey post hoc teszttel is vizsgáltam, annak érdekében, hogy a változók mely kimenetelei között tárható fel igazolható eltérés.

A talaj- és környezeti változókon belüli, valamint a talaj-, a környezeti és a termés változók csoportja, valamint a vetéstechnikai változók csoportja közötti kapcsolatokat parcellaszinten Pearson-féle korrelációelemzéssel is vizsgáltam. A gazdálkodási változók, valamint a vetéstechnikai-, termés- és a gazdaságossági változók közötti kapcsolatok további magyarázó hatásának mérésére a parciális éta négyzet értékeket is kiszámítottam. A következő lépésben főkomponens-elemzést (PCA) végeztem a gazdálkodási- és a talaj-, valamint a környezeti változók közötti kapcsolatok leírására. A dimenzió csökkentési folyamat eredményeként kiválasztottam azt a négy főkomponenst, amelyek önálló magyarázó hatása 5% feletti és a teljes variancián belül 82,0%-os kumulatív magyarázó hatással bírnak, valamint vizsgáltam a kiválasztott főkomponensnek, a termőképességi zónák, valamint a talaj- és a környezeti változók közötti kapcsolatokat.

A vetés minőségének jellemzésére a dupla- és hiányos vetés, valamint a tőtávolság egyenletesség (relatív tőtávolság eltérés) értékeinek statisztikai vizsgálatát végeztem el. Eredményeimben megállapítottam, hogy a dupla vetés aránya a zónák minőségének javulásával szignifikánsan növekszik. Ugyanez a szignifikáns növekedés látható a tőszám emelkedésével kapcsolatban is. A hiányos vetés arányának vizsgálata még nagyobb mértékű szignifikáns különbségeket mutatott az évjáratok között és évjáraton belül a táblák között is, melyet megerősített a tábla változó magyarázó hatásának mérésére

irányuló elemzés is. A termőképességi zóna hatását vizsgálva az átlagos minőségű zóna eredményezte a legalacsonyabb értéket, mind az alacsony mind a magas minőségű zónában magasabb arányban mértem a hiányos vetés eseteit és a magyarázó hatás vizsgálata is csak nagyon gyenge összefüggést mutatott a termőképességi zóna minőségével kapcsolatban. A tőszám hatását vizsgálva a hiányos vetés elfordulására szignifikánsan emelkedő arány volt megfigyelhető a tőszám emelkedésével és a tőszám hatásnagysága is közepes szintű összefüggést igazolt. A Pearson korreláció elemzése alapján kimutattam, hogy a  $\text{CaCO}_3$ - és a humusztartalom szignifikánsan közepes szintű összefüggést mutatott a hiányos vetés arányával kapcsolatban. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a humusz- és különösen  $\text{CaCO}_3$  tartalom magasabb szintje hátrányosan befolyásolhatja a hiányos vetés mértékét. Megfigyeltem továbbá, hogy a 2022. év időjárási téli-tavaszi időjárási körülményei voltak a legkevésbé optimálisak a napraforgó keléséhez. A kapott eredmények alapján, a hektáronkénti vetett tőszám meghatározásakor javasoltam a humusz- és  $\text{CaCO}_3$  tartalom, a téli csapadékösszeg figyelembevételét. Vizsgálataim szerint a tőtávolság egyenletessége az egyes táblákon, évjáratokon belül és az évjáratok között is (14,61%-18,72%), valamint a termőképességi zónák minőségétől (14,46%-18,17%) és az alkalmazott tőszámoktól függően (15,46%-17,63%) is változó arányú és különböző eredményeket mutatott. Mivel a talaj változók a tőtávolság egyenletességére gyakorolt hatásának elemzésekor a Pearson korreláció minden egyes változó esetében szignifikáns, de csak nagyon gyenge korrelációt mutatott ( $R = -0,09-0,09$ ). A gazdálkodási változók hatásnagysága is nagyon gyenge volt, így arra a következtetésre jutottam, hogy a tőtávolság egyenletesség mértékét az említett változók kis mértékben befolyásolták.

A vetéstechnikai változók vizsgálatával kapcsolatban megjegyeztem, hogy a vetés minőségét az említett gazdálkodási változókon túl a vetőgép műszaki megoldásai és beállításai is jelentősen befolyásolhatják. A vetés során érdemes lehet megfontolni a tőszám emelésével egyes arányban csökkenteni a haladási sebességet, ezzel megakadályozva a dupla- és hiányos vetés, valamint a relatív tőtávolság eltérés arányának növekedését.

Megállapítottam, hogy a környezeti feltételek változása és a termőhelyi sajátosságok nagy hatással voltak a hozamra, a tábla változó magyarázó hatása különösen erősnek mutatkozott. A termőképességi zónák minősége is nagy mértékben befolyásolta a hozamot, a magas termőképességű zónák átlagosan 41,8%-kal magasabb hozamot értek

el az alacsony termőképességű zónákhoz képest. Ezzel ellentétben a tőszám változása ugyan szignifikáns hatással volt a hozamra, azonban mennyiségi különbséget nem sikerült kimutatni a tőszámok között. A kapott eredményekből megállapítható, hogy a gazdálkodási változók közül a tőszám változása - a kísérletben alkalmazott tőszámok esetében – kevésbé, viszont a tábla hatása és a termőképességi zónák minősége, valamint a környezeti változók döntően befolyásolták a hozamot.

A betakarított napraforgó nedvességtartalma változó volt, a 2023A táblában mértem a legmagasabb átlagos értéket (6,99%). Az elemzés során kimutattam, hogy a tábla változó magyarázó hatása különösen erős volt. A nedvességtartalmat szignifikánsan közepes szinten pozitívan befolyásolta a talaj N tartalma, valamint negatívan a talaj kötöttsége és réztartalma is. A környezeti változók közül az éves csapadék mennyisége és a hőség napok száma is szignifikánsan közepes negatív korrelációt eredményezett a nedvességtartalommal. Észrevehető volt még, hogy a termőképességi zóna minőségének növekedésével a nedvességtartalom csökkent, de a termőképességi zóna magyarázó hatása csak közepes szintű volt. A kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy nedvességtartalommal összefüggésben az egyes talaj változók és környezeti változók együttes hatása befolyásolja a napraforgó magok érését, a napraforgó tányér vízleadását. Az olajtartalom szignifikánsan erős negatív korrelációt mutatott a  $\text{CaCO}_3$  tartalommal, valamint közepes szintű negatív összefüggést a talaj pH-val, a humusz- és Mn tartalommal. Szintén szignifikánsan közepes mértékű pozitív a korreláció a környezeti változók közül az éves csapadékmennyiséggel, az 5mm-t meghaladó csapadékos napok számával, valamint negatív az éves átlaghőmérséklettel és a hőség napok számával. A gazdálkodási változók közül a tábla változó magyarázó hatása erős, míg a termőképességi zóna a tőszám hatása nagyon gyenge volt. Az olajtartalom esetében azt a következtetést vontam le, hogy az egyes talaj változók és környezeti változók együttes hatása befolyásolja a napraforgómag olajtartalmát.

Az ezerkaszat tömeg szignifikáns közepes pozitív korrelációt mutatott a N tartalommal és negatív közepes korrelációt a Zn- és Mn tartalommal. A környezeti változók közül szignifikánsan közepes pozitív korrelációt mértem az éves csapadékmennyiséggel és gyenge negatív korrelációt a hőségnapok számával. A gazdálkodási változók hatásait vizsgálva látható, hogy a tábla változó hatása nagyon erősen, míg a termőképességi zóna, valamint a tőszám hatása közepes mértékben befolyásolta az ezerkaszat tömeg alakulását. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a talaj N-, Zn-, Mn tartalma, valamint a téli

csapadékösszeg és a tenyészidőszakban hullott csapadék mennyisége alapján lehetőség nyílik az várható ezerkaszat tömeg becslésére.

A talaj pH és a  $\text{CaCO}_3$  között szignifikánsan közepes pozitív korrelációt figyeltem meg, ami azt jelzi, hogy a magasabb  $\text{CaCO}_3$  koncentráció a talaj pH értékének növekedéséhez vezethet a karbonátásványok pufferkapacitása miatt. Ez az összefüggés befolyásolja a mikroelemek felvehetőségét, mivel a megnövekedett pH csökkentheti az olyan elemek, mint a Fe, Mn, Cu, Zn kioldódását, ezáltal csökkentve a hozzáférhetőséget a növény számára. A talaj kötöttsége és a sótartalom, valamint a Mg tartalom közötti szignifikánsan erős pozitív korreláció arra utal, hogy a finomabb szerkezetű, magasabb agyagtartalmú talajok több sót és magnéziumot tarthatnak vissza. Ezzel szemben a talaj kötöttsége és a Mn tartalom közötti szignifikánsan közepes negatív korreláció arra utalhat, hogy a durvább szerkezetű, alacsonyabb agyagtartalmú talajok Mn visszatartó képessége csökkent. A Mn tartalom szignifikánsan erős, illetve közepes negatív korrelációt mutatott számos talaj változóval szemben, mint például pH, talaj kötöttség, só-, humusz-,  $\text{CaCO}_3$ -, Zn-, Na tartalom. A PCA diagram által csoportosított talaj változók közül a talaj kötöttség szignifikáns kapcsolatot mutatott a Na-, Mg-, humusz-,  $\text{CaCO}_3$ , valamint a só-, N-, és S-, illetve  $\text{K}_2\text{O}$  és  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalom között. A talaj pH és a hozam összefüggését vizsgálva szignifikánsan gyenge negatív korrelációt mértem.

A tengerszint feletti magasság és a talaj sótartalma, valamint  $\text{K}_2\text{O}$ -, Mg-, és Zn tartalom között megfigyelt negatív korreláció arra utal, hogy nagyobb tengerszint feletti magasságban kisebb a só felhalmozódása. Ezt a megállapítást más kutatások annak a tényezőnek tulajdonították, hogy a nagyobb magasságokban a bázisképző kationok (pl.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) felhalmozódása csökkent, valamint a talaj  $\text{CaCO}_3$  szintje is alacsonyabb volt. Ezek az eredmények összhangban vannak a tengerszint feletti magasság és a  $\text{K}_2\text{O}$ -, Mg- és Zn tartalom között jelen tanulmányban megfigyelt negatív korrelációkkal.

A gazdálkodási változók hatásainak vizsgálata során fontos megjegyezni, hogy a tábla változónak ugyan szignifikáns hatása van a bevételre és a jövedelemre is, azonban az elért bevétel és jövedelem szintek alakulásában nagy szerepet játszottak a külső piaci folyamatok is. Az értékesítési ár alakulása különösen hektikusnak mutatkozott. Az évjáratokon belüli táblák közötti termés mennyiségi- és minőségi különbségek rávilágítanak a termőhelyi adottságok fontosságára a gazdaságos napraforgótermelés tekintetében.

A termőképességi zónák minősége szerinti vizsgálat már árnyaltabb képet mutat hiszen mind a három évjárat azonos minőségű zóna csoportjai kerültek egymással összehasonlításra. A vizsgálat megmutatta, hogy a különböző termőképességi szintű zónákban mind a hozam, mind az olajtartalom tekintetében szignifikánsan növekvő korrelációt mértem a termőképesség minőségének javulásával megegyezően. A tőszám változtatása szignifikánsan azonos bevétel és jövedelem szintet eredményezett.

## 9. SUMMARY

The leap in the quality of agricultural production over the last few decades has also led to a great deal of attention being paid to the level of resources (energy, ecological, human) used. At the same time, extreme weather phenomenon is becoming increasingly frequent. These effects have a major impact on and alter the water turnover and the biophysico-chemical properties of soils, forcing farmers to rethink the soil management systems that have been used successfully up to now.

Today, the development of precision farming tools based on satellite positioning technology has made available to farmers geo-information programmes and cultivation tools that can help them to achieve more sustainable farming efficiency. The results of site-specific number-controlled sowing are still a novelty, especially for sunflower, which is less sensitive to the crop density due to its high adaptability.

The objectives of the research on which my dissertation was based were: (1) to investigate the effect of management, soil and environmental variables on sowing quality using satellite remote sensing systems and geospatial information tools, meteorological and soil survey data, and precision seeding technology, (2) to investigate the effect of changes in management, soil and environmental factors on crop characteristics using statistical methods, (3) to explore the interactions between soil properties based on soil test results from zones of different productivity, (4) to investigate the relationship between the elevation of crop areas (fields) and soil nutrient content, (5) to explore the effects of management factors on the economics of sunflower production, income and profit per hectare.

The sowing experiments were carried out in typical meadow soils of the Borsodi-Mezőség region, which are fully suitable for sunflower cultivation, but also characterised by varying degrees of heterogeneity within the field due to the nature of the region's water management, providing excellent opportunities for the application of precision technologies. Due to the specificity of sunflower cultivation, the 3-year variable-density trial was set up in 2021-2023 in two different experimental fields per year, avoiding the obvious adverse consequences of monoculture cultivation on sunflower. In the sowing experiment, the sunflower cultivation technology was the same in all the three years, only the number of plants varied according to the quality of the productivity zones.

The weather events of the period under the study (2021-2023) were also suitable for examining the effect of the vintage. It was possible to observe the alternation between favourable, average, and unfavourable environmental conditions for crop production, depending on the season.

When designing the experimental sowing, it was essential that the areas had a sufficient degree of site heterogeneity, and it was possible to identify three distinct productivity categories within the field. The soil data needed to determine the heterogeneity of the experimental areas were collected from satellite space images and from the analysis of long-term series satellite images from the period preceding the experimental years, from which I produced maps of productivity heterogeneity using geo-spatial information tools. From the heterogeneity maps, three productivity zones of distinct quality (low, average, high) were defined as a panel of equivalent pixels, in which three crop density categories (low, average, high) and four replicates were used for the sowing experiment.

The sunflowers were sown by a precision drill, on which I installed a precision seeding system that could be used to achieve high quality experimental seeding and that could produce this precision at large scale, at high capacity and under varying soil conditions. To monitor the number of seeds sown according to the sowing plan and the number of plants hatched, and to check the uniformity of the sowing technique, I conducted also plant spacing measurements, which formed the basis for statistical calculations. The experimental plots were harvested separately, and the quantities of sunflower harvested were measured individually using a mobile measuring unit. From the average samples collected from the sunflowers, I analysed the thousand kernel weight, moisture- and oil content.

The cost of production was calculated based on the actual cost of production per year according to the market changes in that year. In addition to the net yield, I have also considered the factors affecting the income from the quality of the sunflower, which I have calculated using the rules of the oil and moisture content bonification system applied by the purchaser.

In the first step of the statistical analysis, the effects of field, productivity zone and crop density were examined separately at plot level using Multiway ANOVA for sunflower yield, oil and moisture content, thousand kernel weight, double- and incomplete sowing, income and profit, and uniformity of plant spacing – except in cases of double or

incomplete sowing – at individual plant level. Significant cases were also evaluated by Tukey's post hoc test to see which outcomes of the variables revealed a verifiable difference.

Relationships within the soil and environmental variables, and between the group of soil, environmental, crop and the group of sowing technique variables were also examined at field level using Pearson's correlation analysis. To measure the additional explanatory effect of the relationship between management variables and sowing technique, yield, and economic variables, I also calculated partial eta-squared values. In the next step, I performed principal component analysis (PCA) to describe the relationship between the management variables and the soil and environmental variables. As a result of the dimension reduction process, I selected the four principal components with independent explanatory effect above 5% and cumulative explanatory effect of 82.0%, within the total variance and examined the relationship between the selected principal components, the productivity zones, and the soil and environmental variables.

To characterize the quality of the sowing, I performed a statistical analysis of the values of double and incomplete sowing and of the uniformity of the plant spacing (relative plant distance deviation). In my results, the rate of double sowing significantly increases with the improvement of zone quality. The same significant increase is also seen with the increase of crop density. The examination of the proportion of incomplete sowing showed even greater significant differences between vintages and between fields within vintages, which was confirmed by the analysis aimed at measuring the variable explanatory effect of the field. When examining the effect of the productivity zone, the average quality zone resulted in the lowest value; I measured a higher proportion of incomplete sowing cases in both the low- and high-quality zones, and the examination of the explanatory effect also showed only a very weak correlation with the quality of the productivity zone. When examining the effect of plant density, a significantly higher incidence of incomplete sowing was observed with increasing plant density, and the effect of plant density also showed a moderate correlation. Pearson correlation analysis showed that  $\text{CaCO}_3$  and humus content showed a significant medium level of correlation with the percentage of incomplete sowing. These results suggest that higher level of humus and especially  $\text{CaCO}_3$  content may adversely affect the rate of incomplete sowing. I also observed that the winter-spring weather conditions in 2022 were the least optimal for sunflower

germination. Based on the results obtained, I proposed to consider the humus and  $\text{CaCO}_3$  content, winter precipitation when determining the number of seeds sown per hectare.

My test showed that the uniformity of the plant spacing varied between fields, within and between vintages (14.61-18.72%) and with the quality of the productivity zones (14.46-18.17%) and the crop density used (15.46-17.63%). As the Pearson correlation for each of the soil variables showed a significant but very weak correlation ( $R = -0.09-0.09$ ). The effect size of the management variables was also very weak, so I concluded that the variables had only a minor influence on the degree of uniformity of plant spacing. Regarding to the study of the sowing variables, I noted that in addition to the management variables mentioned above, the quality of the sowing can be significantly influenced by the technical solutions and setting of the seed drill. During sowing, it may be worth considering reducing the forward speed in some proportions by increasing the number of seeds, thus preventing the rate of double and incomplete sowing, and increasing the relative plant distance deviation.

I found that changes in environmental conditions and site characteristics had a significant impact on yield, with the variable explanatory effect of the field proving particularly strong. The quality of the productivity zones also had a large effect on yield, with high productivity zones achieving on average 41,8% higher yields compared to low productivity zones. In contrast, although the variation in the crop density had a significant effect on yields, no quantitative difference between the crop densities could be detected. From the results obtained, it can be concluded that among the management variables, the variation of the crop density had less effect on yield, but the effect of the field and the quality of the productivity zones, as well as the environmental variables, had a significant effect on yield.

Moisture content of harvested sunflowers was variable, with the highest average value (6.99%) in Field 2023A. In my analysis, I showed that the explanatory effect of the field variable was particularly strong. Moisture content was positively influenced by soil N content at a significant medium level, and negatively by soil plasticity and Cu content. Among the environmental variables, annual rainfall and the number of heat days were also significantly medium negatively correlated with moisture content. It was also noticeable that moisture content decreased as the quality of the productivity zone increased, but the explanatory effect of the productivity zone was only moderate. The

results obtained suggest that the combined effect of some soil variables and environmental variables in relation to moisture content influences sunflower seeds maturation and sunflower head water loss.

Oil content showed a significantly strong negative correlation with  $\text{CaCO}_3$  content and a medium negative correlation with soil pH, humus, and Mn content. There was also a significant medium positive correlation with the environmental variables like the annual rainfall, number of days with more than 5mm precipitation, and negative correlation with annual mean temperature and number of heat days. Among the management variables, the explanatory effect of the field variable was strong, while the effect of the productivity zone and the plant density were very weak. Among the management factors, the oil content of harvested sunflower kernels also increased significantly with increasing crop density. For oil content, it can also be concluded that the combined effect of soil and environmental variables and the increase in the nominal number of plants influences the oil content of sunflower kernels.

Thousand kernel weight showed significant medium positive correlation with N content and negative medium correlation with Zn and Mn content. Among the environmental variables, a significant medium positive correlation was measured with annual rainfall and weak negative correlation with the number of heat days. When examining the effects of management variables, the effect of the field variable had a strong influence, while the effects of the productivity zone and the plant density had a moderate influence on the development of the thousand-kernel weight. These results suggest that the N, Zn, Mn content of the soil and the amount of precipitation during the winter recharge and growing season can be used to estimate the expected thousand kernel weight.

A significant medium positive correlation between soil pH and  $\text{CaCO}_3$  was observed, indicating that higher  $\text{CaCO}_3$  concentrations may lead to an increase in soil pH due to the buffering capacity of carbonate minerals. This correlation affects the uptake of trace elements, as increased pH can reduce the leaching of elements such as Fe, Mn, Cu, Zn, thus reducing their availability to the plant. The significantly strong positive correlation between soil plasticity and salinity and Mg content suggests that soils with finer texture and higher clay content may retain more salt and magnesium.

In contrast, a significant medium negative correlation between soil plasticity and Mn content may indicate that the Mn retention capacity of coarser textured soils with lower

clay content is reduced. Mn content showed a significantly strong to medium negative correlation with several soil variables such as pH, soil plasticity, salt, humus, CaCO<sub>3</sub>, Zn, Na content. Among the soil variables grouped by the PCA diagram, soil plasticity showed significant relationship with Na, Mg, humus, CaCO<sub>3</sub>, also salt, N, and S, as well as K<sub>2</sub>O and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contents. A significantly weak negative correlation was measured when examining the relationship between soil pH and yield.

The negative correlation observed between altitude and soil salinity and K<sub>2</sub>O, Mg and Zn content suggests that salt accumulation is lower at higher altitudes. This finding has been attributed by other studies to the fact that at higher altitudes the accumulation of base-forming cations (e.g. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) was reduced and the soil CaCO<sub>3</sub> level was lower. These results are considered with the negative correlation observed between altitude and K<sub>2</sub>O, Mg and Zn contents in the present study.

When examining the effects of the management variables, it is important to note that while the field variable has a significant effect on both income and profit, external market processes have also played a role in the evolution of the income and profit levels achieved. The evolution of the sales price was particularly hectic. Differences in yield, both in terms of quantity and quality, between fields within a given vintage highlight the importance of site conditions for economical sunflower production.

The analysis of the quality of the productivity zones shows a more nuanced picture, as the groups of zones of the same quality in all three vintages were compared. The analysis showed that there was a significantly increasing correlation in both yield and oil content in the different productivity zones as the quality of the productivity improved.

The change in the crop density resulted in significantly identical levels of revenue and profit.

## 10. IRODALOMJEGYZÉK

1. ABDUL, A.–TAWFIQ, K.: 2019. Effect of plant densities on the growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus. L.*). *Iraqi journal of market research and consumer protection*. 11. 2. 78-83. [https://dx.doi.org/10.28936/jmracpc11.2.2019.\(7\)](https://dx.doi.org/10.28936/jmracpc11.2.2019.(7))
2. ÁDÁM, J.–BÁNYAI, L.–BORZA, T.–BUSICS, GY.–KENYERES, A.–KRAUTER, A.–TAKÁCS, B.: 2004. Műholdas helymeghatározás. Műegyetemi Kiadó. Budapest. 458.
3. ADAMS, M.A.–CONVAY, T.L.: 2021. Eta squared. *Encyclopedia of quality of life and well-being research*. Cham: Springer International Publishing. 1-2.
4. AHMAD, F.–ADEEL, M.–QUI, B.–MA, J.–SHOAIIB, M.–SHAKOOR, A.–CHANDIO, F.A.: 2021. Sowing uniformity of bed-type pneumatic maize planter at various seedbed preparation levels and machine travel speeds. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 14. 1. 165-171. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211401.5054>
5. AIKINS, K.A.–BARR, J.B.–UCGUL, M.–JENSEN, T.A.–ANTILLE D.L.–DESBOILLES, J.M.A.: 2020. No-tillage furrow opener performance: A review of tool geometry, settings and interactions with soil and crop residue. *Soil Res*. 58. 603.
6. ALESSI, J.–POWER, J. F.–ZIMMERMAN, D. C.: 1977. Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population and row spacing. *Agron. J. Madison*. 69. 3. 465-469.
7. ALI, A.–AHMAD, A.–KHALIQ, T.–ALI, A.–AHMAD, M.: 2013. Nitrogen nutrition and planting density effects on sunflower growth and yield: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*. 12. 12. 1024-1035. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.1024.1035>
8. ALLAM, A. Y.–EL-NAGAR, G. R.–GALAL, A. H.: 2003. Response of two sunflower hybrid to planting dates and densities. *Acta Agronomica Hungarica*. 51. 1. 25-35. <https://doi.org/10.1556/AAgr.51.2003.1.4>
9. ALTIKAT, S.: 2013. Effects of strip width and tractor forward speed on sowing uniformity of maize and sunflower. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 18. 375-381.
10. ALTIKAT, S.–CELIK, A.–GOZUBUYUK, Z.: 2013. Effects of various no-till seeders and stubble conditions on sowing performance and seed emergence of common vetch. *Soil and Tillage Research*. 126. 72-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2012.07.013>

11. ANDRADE, F. H.–CALVINO, P.–CIRILO, A.–BABERI, P.: 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal*. 94. 5. 975-980. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.0975>
12. ANTAL, J.: 1992. Napraforgó éghajlatigénye. [In: Bocz E. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 630-631.
13. ASNER, G. P.: 1998. Biophysical and Biochemical Sources of Variability in Canopy Reflectance. *Remote Sensing of Environment*. 64. 234-253.
14. BADUA, S.A.–SHARDA, A.–STRASSER, R.–CIAMPITTI, I.: 2021. Ground speed and planter downforce influence on corn seed spacing and depth. *Precision Agriculture*. 22. 5. 1-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-020-09775-7>
15. BAKANOGULLARI, F.–AZ, U.–AKDEMIR, B.: 2018. Determination of spatial variability in sunflower production. *IJCST*. 4. 1. 23-31. <https://doi.org/10.26558/ijcst.373589>
16. BAKR, N.–ALI, R.R.: 2019. Statistical relationship between land surface altitude and soil salinity in the enclosed desert depressions of arid regions. *Arab. J. Geosci*. 12. 715.
17. BALAFOUTIS, A. T.–BECK, B.–TSIROPOULOS, Z.–VANGEYTE, J.–VAN DER WAL, T.–SOTO-EMBODAS, I.–GOMEZ-BARBERO, M.–PEDERSEN, S. M.: 2017. Smart Farming Technologies – Description, Taxonomy and Economic Impact. [In: S. M. Pedersen, Soren Marcus, Kim Martin Lind (szerk.) Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Springer.] *Progress in Precision Agriculture* 1. 26. <https://doi.org/10.1007/978-3319-68715-5>.
18. BARROS, J. F. C.–CARVALHO, M. D.–BASCH, G.: 2004. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 21. 3. 347-356. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.10.005>
19. BIRKÁS, M.: 2003. Talajkímélő művelés és környezetvédelem. Gyakorlati Agroforum Extra 3. (A kímélő és vízmegőrző talajművelésről.) 3-8.
20. BIRKÁS, M.–CSÍK, L.: 2002. Környezetközpontú talajművelés. [In: Birkás M. (szerk.) Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés.] Akaprint Kiadó. Budapest. 147-160.
21. BLACKMORE, S.: 1994. Precision Farming: An Introduction. *Outlook on Agriculture Journal*. 23. 4. 275-280.

22. BORBÉLYNÉ HUNYADI, É.–PEPÓ, P.–KUTASY, E.–ZSOMBIK, L.: 2002. Az évjárat hatása különböző napraforgó genotípusok termésére, minőségére és agronómiai jellemzőire. [In: Jávor A.–Sárvári M. (szerk.) Innováció, a tudomány és gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. Növénytermesztés.] 256-262. ISBN 9639274275
23. CASADEBAIG, P.–GAUFFRETEAU, A.–LANDRE, A.–LANGLADE, N.B.–MESTRIES, E.–SARRON, J.–TREPOS, R.–VINCOURT, P.–DEBAEKE, P.: 2022. Optimized cultivar deployment improves the efficiency and stability of sunflower crop production at national scale. *Theoretical and Applied Genetics*. 135. 11. 4049-4063. <https://dx.doi.org/10.1007/s00122-022-04072-5>
24. CELIK, A.–ALTIKAT, S.–WAY, T.R.: 2013. Strip tillage width effects on sunflower seed emergence and yield. *Soil and Tillage Research*. 131. 20-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.03.004>
25. CELIK, A.–OZTURK, I.–WAY, T.R.: 2007. Effects of various planters on emergence and seed distribution uniformity of sunflower. *Applied Engineering in Agriculture*. 23. 1. 57-61. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.22331>
26. CHAURASIA, R.–DHALIWAL, S. S.–SHARMA, P. K.–MAHL, G. S.: 1997. Growth and yield of sunflower in relation to canopy temperature. *Journal of Research*. Punjab Agricultural University. 32. 4. 397-403.
27. CHOUDHURY, B.U.–ANSARI, M.A.–CHAKRABORTY, M.–MEETEI, T.T.: 2021. Effect of landuse change along altitudinal gradients on soil micronutrients in the mountain ecosystem of Indian (Eastern) Himalaya. *Sci. Rep.* 11. 14279.
28. CSIPKÉS, M.–NAGY, L.–SZABÓ, K.: 2017. Magyarország földhasználatának elemzése a rendszerváltástól napjainkig. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*. 12. 1-2. 141-152. <https://doi.org/10.14232/jtgf.2017.1-2.141-152>
29. DEBAEKE, P.–CASADEBAIG, P.–LANGLADE, N.B.: 2021. New challenges for sunflower ideotyping in changing environments and more ecological cropping systems. *OCL*. 28. 29. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021016>
30. DEMYDENKO, O.–BOYKO, P.–VELYCHKO, V.: 2018. Long-term dynamics of humus content under different technologies of soil tillage. *Agric. Sci Pract.* 5. 3-16.
31. DUNCAN, E.–GLAROS, A.–ROSS, D. Z.–NOST, E.: 2021. New but for whom? Discourses of innovation in precision agriculture. *Agric Hum Values* 38. 1181-1199. <https://doi.org/10.1007/s10460-02110244-8>

32. ESTÓK, J.–FEHÉR, GY.–FÜLÖP, É.–GUNST, P.–VARGA, ZS.: 2002. Agrárvilág Magyarországon 1848-2002. Argumentum Kiadó. 332-339.
33. FRANK, J.: 1999. A napraforgó biológiája, termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 159-188.
34. FRANK, J.–VERES, SZ.: 2008. A hazai bioetanol és biodízel-gyártás reményei. *Mag Kutatás, Fejlesztés és Környezet*. 1-2. 7-11.
35. GELETA, S.–BALTENSBERGER, D. D.–BINFORD, G. G.–MILLER, J. F.: 1997. Sunflower response to nitrogen and phosphorus in wheat-fallow cropping systems. *Journal of Production Agriculture*. 10. 3. 466-472.
36. GEWERS, F.L.–FERREIRA, G.R.–ARRUDA, H.F.D.–SILVA, F.N.–COMIN, C.H.–AMANICO, D.R.–COSTA, L.D.F.: 2021. Principal component analysis: A natural approach to data exploration. *ACM Comput. Surv.* 54.4. 1-34.
37. GODERYA, F.S.: 1998. Field scale variations in soil properties for spatially variable control: a review. *J. Soil Contam.* 7. 2. 243-264.
38. GYULAI, B.–NAGY, J.: 1995. A napraforgótermesztés legfontosabb agrokémiai szemponjai. *Agrofórum*. 6. 4. 40-41.
39. HEISER, C. B.: 1951. The sunflower among the North American Indians. *Proc. Am. Phil.* 50. 432-488.
40. HUSSEIN, A. M.–EL-HATTAB, A. H.–AHMED, A. K.: 1980. Effects of plant spacing and nitrogen levels on morphological characters, seed yield and quality in sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Journal of Agronomy and Plant Sciences*. 149. 2. 148-156.
41. JOANES, D.N.–GILL, C.A.: 1998. Comparing measures of sample skewness and kurtosis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)* 47.1. 183-189.
42. JOANES, D.N.–GILL, C.A.: 1998. Comparing measures of sample skewness and kurtosis. *J.R.Stat. Soc. Ser. D (Stat.)* 47. 183-189.
43. JOLÁNKAI, M.–NÉMETH, T.: 2007. Agronómiai és környezetvédelmi elvárások. [In: Németh T.–Neményi M.–Harnos Zs. (szerk.) A precíziós mezőgazdaság módszertana. ISBN:9789634828341] JATE Press. Szeged. 63-75.
44. KÁDÁR, I.–LUKÁCS, D.–VÖRÖS, J.–SZILÁGYI, J.: 2001. Fertilisation of sunflower (*Helianthus annuus L.*) a calcareous loamy chernozem soil. *Növénytermelés*. 50. 2/3. 297-308.

45. KAMAL, A.-MIAN, I.A.-AKBAR, W.A.-RAHIM, H.U.-IRFAN, M.-ALI, S.-ALREFAEL, A.F.-ZAMAN, W.: 2023. Effects of soil depth and altitude on soil texture and soil quality index. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 21. 4135-4154.
46. KESELMAN, H.J.-HUBERTY, C.J.-LIX, L.M.-OLEJNIK, S.-CRIBBIE, R.A.-DONAHUE, B.-KOWALCHUK, R.K.-LOWMAN, L.L.-PETOSKEY, M.D.-KESELMAN, J.C.-LEVIN, J.R.: 1998. Statistical practices of educational researchers: An analysis of their ANOVA, MANOVA and ANCOVA analyses. *Rev. Educ. Res.* 68.3. 350-386.
47. KISS, I.: 2007. Az olajos növények perspektívája és fejlesztésének lehetőségei napjainkban. [In: Pepó p. (szerk.) Az olajnövények termesztésének, feldolgozásának, felhasználásának aktuális kérdései.] Debreceni Egyetem Nyomda 334. 38-47.
48. KOELEMELJ, J. C. J.-DUN, H.-DIOUF, C. E. V. J.-DIERIKX, E. F.-JANSSEN, G. J. M.-TIBERIUS, C. C. J. M.: 2022. A hybrid optical-wireless network for decimetre-level terrestrial positioning. *Nature* 611. 473-478. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05315-7>
49. KRYUCHIN, N.P.-GORBACHEV, A.P.: 2021. Improvement of the technological process of sowing sunflower seeds with a pneumatic seed planter. [In: IOP Conference Series Earth and Environmental Science.] 845. 1. 012136. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012136>
50. KUSSUL, N.-DEININGER, K.-SHUMILO, L.-LAVRENIUK, M.-ALI, D.A.-NIVIEVSKYI, O.: 2022. Biophysical impact of sunflower crop rotation on agricultural fields. *Sustainability*. 14. 7. 3965. <https://doi.org/10.3390/su14073965>
51. LÁNG, G.: 1967. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
52. LÁNG, I.: 1980. Az agroökológiai potenciál országos felméréséről. *Magyar Tudomány*. 7.
53. LANGEROODI, A.R.S.: 2015. Sunflower and soil response to seven years of tillage, residue management and nitrogen fertilizer. *Turk. J. Field Crops*. 20. 2. 194-202.
54. LECLERQ, P.: 1969. Une stérilité cytoplasmique chez le tournesol. *Ann. Amélior. Plant*. 19. 27-42.
55. LECLERQ, P.: 1971. La stérilité male cytoplasmique du tournesol. I. Premières études sur la restauration de la fertilité. *Ann. Amélior. Plant*. 21. 45-54.

56. LEKAVICIENE, K.–SARAUSKIS, E.–NAUJOKIENE, V.–KRIAUCIUNIENE, Z.: 2019. Effect of Row Cleaner Operational Settings on Crop Residue Translocation in Strip-Tillage. *Agronomy* 9. 247.
57. LEON, A. J.–LEE, M.–ANDRADE, F. H.: 2001. Quantitative trait for growing degree days to flowering and photoperiod response in sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Theoretical and Applied Genetics*. 102. 4. 497-503.
58. LEPPIK, E. E.: 1971. Genzentren der Kulturpflanzen: Reservoir für resistente Formen gegen Pflanzenkrankheiten und Schädlinge. *Plant Introduction Invest. Papers*. 24. 107-122.
59. LLANDERS, J.N.–RASS, G.–FREITAS, P.L.–BASCH, G.–GONZÁLEZ, E.S.–TABAGLIO, V.–KASSAM, A.–DERPSCH, R.–FRIEDRICH, T.–GIUPPONI, L.: 2013. Effects of zero tillage (No-till) conservation agriculture on soil physical and biological properties and their contributions to sustainability. *Geophys. Res. Abstr.* 15. 11756.
60. LU, B.–NI, X.–LI, S.–LI, K.–QI, Q.: 2022. Simulation and experimental study of a split high-speed precision seeding system. *Agriculture*. 12. 7. 1037. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071037>
61. MAESTRE, F.T.–CORTINA, J.–BAUTISTA, S.–BELLOT, J.–VALLEJO, R.: 2003. Smallscale environmental heterogeneity and spatiotemporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosyst.* 6. 630-643. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-002-0222-5>
62. MCMASTER, G.S.–BUCHLEITER, G.W.–BAUSCH, W.C.: 2012. Relationships between sunflower plant spacing and yield: importance of uniformity in spacing. *Crop science* 52.1. 309-319.
63. MESTERHÁZI, P. Á.: 2003. Méréstechnikai fejlesztések a GPS-el támogatott növénytermesztésben. Doktori (PhD) Értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem. Mosonmagyaróvár.
64. MIJIC, A.–LIOVIC, I.–SUDARIC, A.–GADZO, D.–DUVNJAK, T.–SIMIC, B.–JUG, D.–MARKULJ, KULUNDZIC, A.: 2021. Influence of plant density and hybrid on grain yield, oil content and oil yield of sunflower. *Agric. Conspec. Sci.* 86. 1. 27-33.
65. MILICS, G.–TAMÁS, J.: 2007. Helymeghatározás. [In: Németh T.–Neményi M.–Harnos Zs. (szerk.) A precíziós mezőgazdaság módszertana.] JATE Press-MTA TAKI. 15-38.

66. MILICS, G.: 2008. A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. Doktori (PhD) Értekezés. Pécsi Tudományegyetem. Pécs.
67. MOJIRI, A.–ARZANI, A.: 2003. Effect of nitrogen rate and plant density on yield and components of sunflower. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 7. 2. 115-125. <https://jstnar.iut.ac.ir/article-1-468-en.html>
68. MONOKI, SZ.: 2021. Tanácsadás elemzése térinformatikai eszközökkel. Szakdolgozat. Óbudai Egyetem Alba Régia Műszaki Kar. Székesfehérvár. 7-8.
69. MONOKI, SZ.–CSORNAI, G.–ZALAI, M.–NAGY, J.: 2022. Site-specific plant number control in precision sunflower (*Helianthus annuus L.*) production. *Review on Agriculture and Rural Development*. 11. 1-2. 79-85. <http://dx.doi.org/10.14232/rard.2022.1-2.79-85>
70. MONOKI, SZ.–CSORNAI, G.–ZALAI, M.–NAGY, J.: 2023. Economics of site-specific crop density in precision sunflower (*Helianthus annuus L.*) production. *Acta Agraria Debreciensis*. 1. 91-96. ISSN 1587-1282 <https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/12042>
71. MOORE, I. D.–GESSLER, E.–NIELSEN, G. A.–PETERSON, G. A.: 1993. Terrain analysis for soil specific crop management. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 57. 443-452.
72. MORRISON, J.E.–ALLEN, J.R.R.–WILKINS, D.E.–POWELL, G.M.–GRISSO, R.D.–ERBACH, D.C.–HERNDON, L.P.–MURRAY, D.L.–FORMANEK, G.E.–PFOST, D.L.: 1998. Conservation Planter, Drill and Air-Type Seeder Selection Guideline. *Appl. Eng. Agric.* 4. 300–309.
73. MUNNAF, M.A.–HAESAERT, G.–VAN MEIRVENNE, M.–MOUAZEN, A.M.: 2020. Site-specific seeding using multi-sensor and data fusion techniques: A review. *Advances in Agronomy*. 161. 241-323. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.08.001>
74. NADERI, A.: 2000. Effect of row spacing and plant population on agronomic traits, yield components of sunflower cultivar Record in Khuzestan. *Seed and Plant*. 15. 4. 343-353.
75. NAGY, J.: 1996. A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 5-6. 543-553.
76. NAGY, J.: 2000. A talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea Mays L.*) termésére aszályos és kedvező évjáratokban. [In: Nagy J., Pepó P (szerk.) Talaj,

- növény, és környezet kölcsönhatásai III.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 97-119.
77. NARESH, R.–SINGH, N.K.–SACHAN, P.–MOHANTY, L.K.–SAHOO, S.–PANDEY, S.K.–SINGH, B.: 2024. Enhancing sustainable crop production through innovations in precision agriculture technologies. *Journal of Scientific Research and reports*. 30. 3. 89-113. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i31861>.
78. NEMÉNYI, M.–PECZE, ZS.–MESTERHÁZI, P. Á.–NÉMETH, T.: 2001. A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. *Növénytermelés*. 50. 4. 419-430.
79. NOVÁK, A.: 2014. A vetésidő hatása a napraforgó termésére, olajhozamára, olajtartalmára és kórtani tulajdonságaira eltérő növényvédelmi modellekben. [In: Pepó P. (szerk.) A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei.] Debreceni Egyetemi Kiadó. Debrecen. 171-177. ISBN 9789634737414
80. OREHOVACKI, V.: 2009. Influence of tillage on soil properties, yield and protein content in maize and soybean grain. *J. Environ. Prot. Ecol.* 10. 1013-1031.
81. ÖNAL, I.–DEGIRMENCIOGLU, A.–YAZGI, A.: 2012. An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 36. 2. 133-144. <https://doi.org/10.3906/tar-1010-1316>
82. ÖNEMLI, F.: 2004. The effects of soil organic matter on seedling emergence in sunflower (*Helianthus annuus L.*) *Plant Soil Environment*. 50. 11. 494-499.
83. PAL, M. S.: 2002. Effect of plant density on seed yield and harvest index of sunflower (*Helianthus annuus L.*) in Terai belt of Uttaranchal. *Annals of Agricultural Research*. 23. 1. 155-158.
84. PEARSON, K.: 1895. VII. Note on regression and inheritance in the case of two parents. *Proc. R. Soc. Lond.* 58. 240-242.
85. PECZE, ZS.: 2001. A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszere. Doktori (PhD) Értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem. Mosonmagyaróvár.
86. PEPÓ, P.: 1999. A genotípus szerepe a napraforgó termesztésben. V. Növénytermesztési Tudományos Napok. 95. Budapest.
87. PEPÓ, P.: 2008. Az olajnövények termesztésének helyzete, a napraforgó termesztéstechnológiájának, tápanyagellátásának fejlesztése. *Agrofórum*. 19. 11. 10-14.

88. PEPÓ, P.: 2012. Kockázatok a repcetermesztésben. *Agrofórum*. 23. 8. 12-19.
89. PEPÓ, P.–BORBÉLYNÉ HUNYADI, É.–ZSOMBIK, L.–SZABÓ, A.: 2003. A napraforgó termesztés biológiai alapjainak vizsgálata a Hajdúságban. *Gyakorlati Agrofórum*. 11. 7-15.
90. PEREIRA, M.L.–HALL, A.J.: 2019. Sunflower oil yield responses top lant population and row spacing: Vegetative and reproductive plasticity. *Field Crops Research*. 230. 17-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2018.09.014>
91. PEREZ-RUIZ, M.–MARTINEZ–GUANTER, J.–UPADHYAYA, S.K.: 2021. High-precision GNSS for agricultural operations. In book: GPS and GNSS Technology in Geosciences. 299-335. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818617-6.00017-2>
92. PETCU, E.–BARBEANU, N.–POPA, O.–PARTAL, E.–PRICOP, S. M.: 2010. Effect of planting date, plant population and genotype on oil content and fatty acid composition in sunflower. *Romanian Agricultural Research*. 27. Print ISSN 1222-4227. Online ISSN 2067-5720
93. POPP, J.–FÁRI, M.–ANTAL, G.–HARANGI-RÁKOS, M.: 2015. A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére. *Gazdálkodás*. 59. 5. 401-421. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.253431>
94. POPP, J.–SOMOGYI, A.–BÍRÓ, T.: 2010. Újabb feszültség a látóhatáron az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipar között? *Gazdálkodás*. 6. 54. 592-603.
95. RAVI, P. G.: 2003. Remote Sensing Geology. 2nd Edition. Springer-Verlag Berlin. 39-52. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05283-9>
96. REMETEY, G.–FEKETE, J.–MÁRKUS, B.–MIHÁLY, SZ.–SZABÓ, SZ.: 1993. A térinformatika és alkalmazásai. OMFB 9-9102. tanulmány. Budapest.
97. REN, W.-LI, X.-LIU, T.-CHEN, N.-XIN, M.-LIU, B.-QI, Q.-LI, G.: 2024. Impact of fertilization depth on sunflower yield and nitrogen utilization: a perspective on soil nutrient and root system compatibility. *Front. Plant Sci*. 15. 1440859. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1440859>
98. SALERA, E.: 1998. Agronomic performance of dwarf and standard height sunflower hybrids grown in Tuscan Maremma flatland and hillside environments at different planting densities. *Agricoltura Mediterranea*. 128. 4. 284-297.

99. SANIGA, N.S.–SUSHMA, H.A.–GREENA, P.G.: 2003. Soil and tillage: properties of soil, soil acidity, salt affected soils, soil organic matter, tillage. *Recent Approaches in Agronomy* 71.
- 100.SARMAH, P. C.–KATYAL, S. H.–DEBNATH, M. C.: 2000. Effect of fertility levels and plant populations on some physiological parameters of sunflower. *Crop Research Hisar*. 19. 3. 391-397.
- 101.SCHUSTER, W.: 1964. Inzucht und heterosis bei der Sonnenblume (*Helianthus annuus L.*). Giessen: W. Schmit Verlag. 135.
- 102.SELMECZI KOVÁCS, A.: 1975. Acclimatization and dissemination of the sunflower in Europe. *Acta Ethnogr. Hung.* 24. 47-88.
- 103.SINGH, K.-AGRAWAL, K.N.-DUBEY, A.K.-CHANDRA, M.P.: 2012. Development of the controller-based seed cum fertilizer drill. 12th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), Kochi, India, 369-374, <http://doi.org/10.1109/ISDA.2012.6416566>.
- 104.SPITZER, T.–BILOVSKY, J.–KAZDA, J.: 2018. Effect of using selected growth regulators to reduce sunflower stand height. *Plant Soil. Environ.* 64. 7. 324-329. <https://doi.org/10.17221/213/2018-PSE>
105. STAFFORD, J. V.–AMBLER, B.: 1994. In-field location using GPS for spatially variable field operations. *Computers and Electronics in Agriculture*. 11. 1. Elsevier Science Ltd. 23-36. [https://doi.org/10.1016/01681699\(94\)90050-7](https://doi.org/10.1016/01681699(94)90050-7)
- 106.SZABÓ, A.: 2007. Az állománysűrűség hatása a napraforgó hibridek termésmennyiségére, termésbiztonságára és minőségére. Doktori (PhD) Értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- 107.SZABÓ, A.–PEPÓ, P.: 2005. Effect of agrotechnical and meteorological factors on yield formation in sunflower production. *Cereal Research Communication*. 33. 1. 49-52. <https://doi.org/10.1556/crc.33.2005.1.11>
- 108.SZABÓ, L.: 2024. Hagyományos és georeferált adatokon alapuló szántóföldi növénytermesztési technológiák összehasonlító hatékonyságvizsgálata konvencionális növények esetében. Doktori (PhD) Értekezés. Debreceni Egyetem. Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola. Debrecen.
- 109.SZÉLES, A.–KOVÁCS, K.–FERENCSEK, S.: 2019. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and

- marginal revenue. *IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE* 123. 3. 65-278.
110. SZŰCS, I.–RAUSZ, A.: 2007. Sustainable development indicators in Hungary. Hungarian Central Statistical Office. 9-22.
111. TAHOUN, A.M.A-EL-ENIN, M.M.A.-MANCY, A.G-SHETA, M.H.-SHAABAN, A.: 2022. Integrative soil application of humic acid and foliar plant growth stimulants improves soil properties and wheat yield and quality in nutrient-poor sandy soil of a semiarid region. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 22. 2857-2871.
112. TAKÁCSNÉ, GY. K.: 2006. A növényvédőszer használat csökkentés gazdasági hatásainak vizsgálata – milyen irányok lehetségesek? [In: Takácsné György Katalin (szerk.) A növényvédőszer használat csökkentésgazdasági hatásai] Szent István Egyetemi Kiadó. 7-30. ISBN 963-9483-64-8
113. TERBEA, M.–STOENESCU, F.: 1984. Variatia elementelor de productivitate la floarea-soarelui cultivata la diferite densitati. *Probleme de agrofitehnie teoretica si aplicata.* 6. 2. 171-179.
114. TONEV, T.–TSVETANOVA, K.–ANGELOVA, M.: 1992. Effect of nitrogen rate and stand density on some indices of photosynthesis in sunflower. *Bulgarian Journal of Crop Science.* 29. 3-4. 43-47.
115. TÓTIN, A.–PEPÓ, P.: 2016. A vetésidő és tőszám hatása három kukorica hibrid kelés- és növekedés-dinamikájára. *Agrártudományi Közlemények.* 68. 105-110.
116. TUKEY, J.W.: 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics* 99-114.
117. VÁRALLYAI, GY.: 2005. Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan.* 54. 1-2. 5-24. <https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2>
118. VERMA, A.–SAHU, M.–SONI, G.–PRADHAN, P.: 2018. Optimization of operational parameters of a pneumatic planter for sunflower seed. *Agricultural Engineering Today.* 42. 1. 38-45.
119. VERŐNÉ WOJTASZEK, M.: 2011. Fotointerpretáció és távérzékelés. Egyetemi jegyzet. Nyugat-Magyarországi Egyetem. Mosonmagyaróvár.
120. VERŐNÉ WOJTASZEK, M.–KÖRMENDY, E.: 2015. Távérzékelés szerepe a precíziós mezőgazdaságban, különös tekintettel az UAV felvételekre. *Remote Sensing.* 5. 2. 426-430.

121. VÉRTESY, L.: 2023. Precíziós mezőgazdaság: Helyzetkép és megfontolások. Műhelytanulmány. Körforgásos gazdaság. MATE Press. Gödöllő. ISBN 978-963-623-039-5 <https://doi.org/10.54597/mate.0092>
122. VIDA, N.–SÁRDI, K.: 2018. Tápanyagellátás és talajnedvesség hatása a napraforgó növekedésére és fejlődésére. *Georgikon for Agriculture*. 23. 2. 82-86. ISSN 0239-1260
123. VIJAYAKUMAR, M.–SUBBIAN, P.–LOURDURAJ, A. C.–SELVARAJU, R.: 2003. Effect of pattern and N splits on the yield attributes, yield and quality of rained sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Acta Agronomica Hungarica*. 51. 2. 157-162. <https://doi.org/10.1556/AAgr.51.2003.2.3>
124. VISIC, M.: 1991. Correlation between eight characters in three sunflower hybrids and path analysis of the coefficients. *Savremena Poljoprivreda*. 39. 3. 27-34.
125. WANG, Y.F.–XIANG L.J.–YU, B.C.–HU, Q.–JIA, Z.C.: 1997a. The dynamics of oil accumulation in sunflowers (*Helianthus annuus L.*) and its relationship with temperature. *Arquitectura del Paisaje*. 37. 44-46.
126. WANG, Y.F.–XIANG, L.J.–YU, B.C.–HU, Q.: 1997b. The dynamics of oil accumulation in sunflowers (*Helianthus annuus L.*) and its relationship with temperature conditions. *Oil Crops of China*. 19. 1. 44-46.
127. YATES, F.: 1934. The analysis of multiple classifications with unequal numbers in the different classes. *J. Am. Stat. Assoc.* 29.185. 51-66.
128. ZHAO, X.–ZHANG, T.–LIU, F.–LI, N.–LI, J.: 2023. Sunflower seed suction stability regulation and seeding performance experiments. *Agronomy*. 13. 1. 54. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010054>
129. ZHUKOV, O.V.–PONOMARENKO, S.V.: 2017. Spatial-temporal dynamics of sunflower yield – the ecological and agricultural approach. *Ukrainian Journal of Ecology*. 7. 3. 186-207. [https://doi.org/10.15421/2017\\_68](https://doi.org/10.15421/2017_68)
130. ZSEMBELI, J.–SZŰCS, L.–TUBA, G.–CZIMBALMOS, R.: 2015. Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. [In: Madarász B. (szerk.) Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon.] MTA CSFK FTI. Budapest. 122-133.
131. ZSOMBIK, L.: 2001. The effects of sowing technology on the yield of sunflower hybrids and main parameters of its phytopathology. *Analele Universitatii Din Oradea* Tom. VII. Partea I. Fascicula Agricultura si Horticultura. 67-76.

*Internetes hivatkozások:*

1. Agrárcenzus, 2020. Központi Statisztikai Hivatal (KSH). <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/ac2020/agrardigitalizacio/index.html> letöltés időpontja: 2024.05.14. 11:45
2. Agrárium, 2023. Központi Statisztikai Hivatal (KSH). [https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/agrarium-2023-vegleges-  
adatok/index.html#egyreszlebbkrbenhasznlnakmezgazdasgigpeketerendezsekets  
agrrdigitalizcismegoldsokat](https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/agrarium-2023-vegleges-<br/>adatok/index.html#egyreszlebbkrbenhasznlnakmezgazdasgigpeketerendezsekets<br/>agrrdigitalizcismegoldsokat) letöltés időpontja: 2024.05.14. 13:10
3. CB Insights, 2017. AI, Robotics, And The Future Of Precision Agriculture. CB Information Services. [https://www.cbinsights.com/research/ai-robotics-agriculture-  
tech-startups-future/](https://www.cbinsights.com/research/ai-robotics-agriculture-<br/>tech-startups-future/) letöltés időpontja: 2024.11.14. 15:55
4. Copernicus Open Acces Hub weboldal 2021. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> letöltés időpontja: 2021.12.14. 10:45
5. Deere & Company weboldal. John Deere RTK Solutions/John Deere Mobil RTK jel. [https://www.deere.hu/hu/intelligens-gazdalkodasi-megoldasok-/navigacios-  
megoldasok/rtk-megoldasok/](https://www.deere.hu/hu/intelligens-gazdalkodasi-megoldasok-/navigacios-<br/>megoldasok/rtk-megoldasok/) letöltés időpontja: 2024.10.13. 10:23
6. EO Browser weboldal. 2021. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> letöltés időpontja: 2021.11.25. 9:54
7. Európai Parlament. Körforgásos gazdálkodás, 2023. [https://www.europarl.europa.eu/topics/hu/article/20151201STO05603/korforgasos-  
gazdasag-mit-jelent-miert-fontos-es-mi-a-haszna](https://www.europarl.europa.eu/topics/hu/article/20151201STO05603/korforgasos-<br/>gazdasag-mit-jelent-miert-fontos-es-mi-a-haszna) letöltés időpontja: 2024.10.25. 14:13
8. European Committee for Standardization: ISO/TC 34, *Food products*, Subcommittee SC 2, *Oleaginous seeds and fruits and oilseed meals*. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:664:ed-3:v1:en> letöltés időpontja: 2024.05.21. 13:55
9. European Committee for Standardization: ISO/TC 34, *Food products*, Subcommittee SC 2, *Oleaginous seeds and fruits and oilseed meals*, in collaboration with the European Committee for Standardization (CEN) Technical Committee CEN/TC 307, *Oilseeds, vegetable and animal fats and oils and their by products — Methods of sampling and analysis*, in accordance with the Agreement on technical cooperation between ISO and CEN (Vienna Agreement).



22. *MTA TAKI*. 2024. Magyarország genetikus talajtérképe. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet Környezetinformatikai Osztály. <http://mta-taki.hu/hu/osztalyok/gis-labor/agrotopo> letöltés időpontja: 2025.01.11. 11:25
23. *PEPÓ, P.*: 2018. „Lépésváltás” a napraforgó termesztésben. Agroforum Online. <https://agroforum.hu/lapszam-cikk/lepesvaltas-napraforgo-termesztesben/> letöltés időpontja: 2025.01.21. 08:55
24. *PEPÓ, P.*: 2018. Napraforgó-termesztésünk válaszüton. *Magyar Mezőgazdaság Online*. <https://magyarmezogazdasag.hu/2018/10/11/napraforgo-termesztesunk-valaszuton/> letöltés időpontja: 2025.01.28. 13:45
25. *PEPÓ, P.*: 2024. Kényszer vagy lehetőség? – Napraforgó termesztés új megközelítésben. Magyar Mezőgazdaság. <https://magyarmezogazdasag.hu/2024/10/17kenyszer-vagy-lehetoseg-napraforgo-termesztes-uj-megkozelitesben/> letöltés időpontja: 2025.01.28. 11:26
26. Precision Planting weboldal. 2024. <https://www.precisionplanting.com/products/planters> letöltés időpontja: 2024.01.15. 17:55
27. *SÁRKÖZI, F.*: 1991. Térinformatika elmélet oktató anyag. Műszaki Egyetem. Budapest. [http://www.agt.bme.hu/tutor\\_h/terinfor/t34a.html#ur](http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34a.html#ur) letöltés időpontja: 2023.11.15. 16:23
28. *SZELECZKI, A.*: 2024. Európa élvonalában van a hazai napraforgó-termesztés. Syngenta Magyarország Kft. Sajtóközlemény. <https://www.agroinform.hu/szantofold/europa-elvonalaban-van-a-hazai-napraforgo-termesztes-72098-001> letöltés időpontja: 2025.02.05. 14:32

*Könyv:*

1. *ANTAL, J.*: 1978. Olajnövények termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
2. *CAMPBELL, H. W.*: 1907. Soil culture manual. Milwaukee. Wisconsin. (ford. és átdolg. K. Ruffy P. Pátria Nyomda. Budapest. 1909.)
3. *CSORNAI, G.–DALIA, O.*: 1991. Távérzékelés. Főiskolai jegyzet. EFE FFFK. Székesfehérvár.
4. *DOBOS, A. CS.*: 2013. Precíziós növénytermesztés. Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma 6.

5. *GODWIN, R.J.*: 1990. Agricultural Engineering in Development: Tillage for Crop Production in Areas of Low Rainfall. In *FAO Agricultural Services Bulletin No.83*. Food and Agricultural Organization of the United Nations: Rome, Italy, 124. ISBN 92-5-102542-8.
6. *MANNINGER, G. A.*: 1957. A talaj sekély művelése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
7. *ZIMMERMANN, H. G.*: 1958. Die Sonnenblume. *Deutcher Bauernverlag*. Berlin.

## 11. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



**DEBRECENI  
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM  
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**  
H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400  
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/325/2025.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Monoki Szabolcs Imre  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10100531

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Monoki, S. I.**: A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) tőszámreakciójának vizsgálata heterogén termőképességű termőterületeken.  
*Növénytermelés*. 72 (2), 87-95, 2023. ISSN: 0546-8191.

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

2. **Monoki, S. I.**, Csornai, G., Zalai, M., Nagy, J.: Economics of site specific crop density in precision sunflower (*Helianthus annuus* L.) production.  
*Acta agrar. Debr.* 2023 (1), 91-96, 2023. ISSN: 1587-1282.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/12042>
3. **Monoki, S. I.**, Csornai, G., Zalai, M., Nagy, J.: Site-specific plant number control in precision sunflower (*Helianthus annuus* L.) production.  
*Rev. Agric. Rural Dev.* 11 (1-2), 79-85, 2022. ISSN: 2063-4803.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14232/rard.2022.1-2.79-85>

#### Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

4. **Monoki, S. I.**, Nagy, J.: Az évjárat, a termőhely és a tőszám változásának hatása a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) termesztésének eredményességére.  
In: *Növény és környezet: a debreceni tartamkísérletek 40 éve*. Szerk.: Kakuszi-Széles Adrienn, Debreceni Egyetem MÉK Fölhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen, 42, 2023. ISBN: 9789634905400

#### Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

5. **Monoki, S. I.**, Csornai, G., Nagy, J.: Site-specific plant number control in precision sunflower (*Helianthus annuus* L.) production.  
In: *19th Wellmann International Scientific Conference : Book of abstract*. Ed.: Kiss Orsolya, University of Szeged Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely, 58, 2022. ISBN: 9789633068601





### További közlemények

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

6. Zalai, M., Bojtó, C., Nagy, J., Széles, A., **Monoki, S. I.**, Illés, Á.: Challenges in precision sunflower cultivation: the impact of the agronomic environment on the quality of precision sowing techniques and yield parameters.

*AgriEngineering*. 7 (5), 1-24, 2025. ISSN: 2624-7402.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agriengineering7050145>

IF: 3 (2023)

7. Nagy, J., Zalai, M., Illés, Á., **Monoki, S. I.**: The Impact of Crop Year and Crop Density on the Production of Sunflower in Site-Specific Precision Farming in Hungary.

*Agriculture-Basel*. 14 (9), 1-14, 2024. EISSN: 2077-0472.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14091515>

IF: 3.3 (2023)

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 6,3**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0**

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.05.26.



## 12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton is szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek Prof. Dr. Nagy János professzor emeritus úrnak a dolgozat elkészítésében nyújtott szakmai, tanulmányi segítségért és önzetlen támogatásért.

Köszönetemet fejezem ki opponenseimnek Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata egyetemi docens asszonynak és Prof. Dr. Marton L. Csaba professzor emeritus úrnak a munkahelyi, valamint a nyilvános vitára elkészült doktori disszertációm lelkiismeretes és körültekintő bírálatáért.

Köszönet a doktori képzésem alatt nyújtott segítségért, támogatásért a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, a Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet és a Kerpely Kálmán Doktori Iskola oktatóinak és munkatársainak, kiemelten Prof. Dr. Kakuszi-Széles Adrienn-nek, Elek Erzsébetnek, Dr. Illés Árpádnak és Dr. Bojtor Csabának, valamint a Tudományos Igazgatóság munkatársának, Baginé Dr. Hunyadi Ágnesnek.

A dolgozat elkészítésében nyújtott szakmai támogatásért hálás köszönetemet fejezem ki Dr. Zalai Mihálynak, Csornai Gábornak és Györe Attilának.

A dolgozatban bemutatott vetési kísérlet kivitelezéséhez szükséges technikai feltételek maradéktalan biztosításáért hálás köszönet illeti a Csincsefarm Cégcsoport tulajdonosait, vezetőit kiemelten Henk Kloosterboer-t, Deme Andrást és Neal Boughton-t.

A vetési kísérlet megvalósításához és a kísérlet adatainak felvételezésében és feldolgozásában nyújtott segítségért köszönet illeti a Csincsefarm Cégcsoport összes munkatársát, kiemelten Kiss Józsefet, Szatmári Andrást, Kerekes Csabát, Kockás Lászlót, Korpás Lajost és Sebe Imre Somát.

Köszönet illeti mindazokat is, akik eddigi a szakmai tevékenységem során tudásukat átadták, munkájukkal segítettek, barátságukkal támogattak.

Végezetül köszönöm a mérhetetlen megértést és türelmet családtagjaimnak, szeretteimnek, akik biztattak és támogattak céljaim megvalósításában.

## **NYILATKOZATOK**

### **1. NYILATKOZAT**

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (PhD.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2025.....

.....

a jelölt aláírása

### **2. NYILATKOZAT**

Tanúsítom, hogy Monoki Szabolcs Imre doktorjelölt 2020-2025 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 2025.....

.....

a témavezető aláírása

## MELLÉKLETEK

1. melléklet. Az alkalmazott napraforgó hibrid jellemzői.

### *SY Bacardi CLP*

Közép-korai érésű, hagyományos olajnapraforgó. Az imidazolinon toleráns technológia (Clearfield®Plus) egyik népszerű hibridje, mely egyrészt a technológiának, másrészt rendkívül erős korai fejlődési erejének köszönhetően erős imidazolinon herbicid toleranciával rendelkező Syngenta hibrid. Terméspotenciálja egyedülállóan magas és stabil, elsősorban az intenzívebb és hosszabb vegetációs évjáratokban használható ki maximálisan. Erős, vegetatívabb jellege, rendkívül gyors kezdeti fejlődése azonban az aszályosabb évjáratokban is rendkívül versenyképessé teszi, és alapvetően meghatározza a hibrid erényeit. Erős környezeti stressz hatásra kismértékű felső elágazódás előfordulhat, mely eddigi tapasztalatok alapján nem befolyásolja a hibrid termőképességét. Kiemelkedő herbicid toleranciája, jelentős kaszattermése, homogén növényállománya az ország bármely térségében biztonsággal termesztetvé teszi.

### *Genetikai és rezisztencia tulajdonságok:*

Technológiai / Hibrid rezisztencia: Clearfield®Plus gyomirtású hibrid

Peronoszpóra rezisztencia: A Magyarországon hivatalosan elismert patotípusok mindegyikével (100, 700, 730, 710, 330) szemben

Szádor rezisztencia: Rezisztens a napraforgó szádor „E” rasszával szemben

### *Terméspotenciál, szántóföldi teljesítmény:*

Terméspotenciál: Kimagasló terméspotenciál

Termés stabilitás: Rendkívüli termőhelyi és évjáratok stabilitás, széles adaptabilitás

Olajtartalom: Rendkívül magas olajtartalom

Ezerkaszattömeg / hektolitersúly: Ezerkaszattömege magas, hektolitersúlya átlag feletti, melynek köszönhetően olajtartalma kiemelkedően magas

### *Károsítók elleni tolerancia*

Fehérpenészes szártő-, szár-, tányérrothadás (*Sclerotinia sclerotiorum*): A kórokozó mindhárom károsítási formájával szemben átlagos erősségű toleranciával rendelkezik.

Diaportés szár- és tányérrohadás (*Diaporthe helianthii*): Az átlagosnál jobb ellenállóképesség.

Makrofominás szárkorhadás (*Macrophomina phaseolina*): Átlagos tolerancia.

*Termesztési/agronómiai tulajdonságok*

Érésidő: Közép-koraiérésű

Javasolt vetési időszak: április 10. - május 10.

Javasolt tőszám (mag/ha): 55.000 – 58.000

Szárazság és hőstressz érzékenység: A szárazságot és hőstresszt jól tolerálja, kényszerérés nem jellemző, stresszhelyzetben (hideg) kevésbé elágazó.

Tápanyagreakció: Tápanyagreakciója magas, a harmonikus emelt szintű tápanyagellátást rendkívül jól meghálálja.

Általános megjelenés: Jó kezdeti fejlődésű, vegetatív megjelenésű, nagy levélfelülettel bíró hibrid

Természetes növénymagasság: Normál tőszám mellett középmagas (160-180 cm)

Virágzás időpontja: Közép-korai

Jellemző tányérállás: Bókoló, homorú tányérfonák

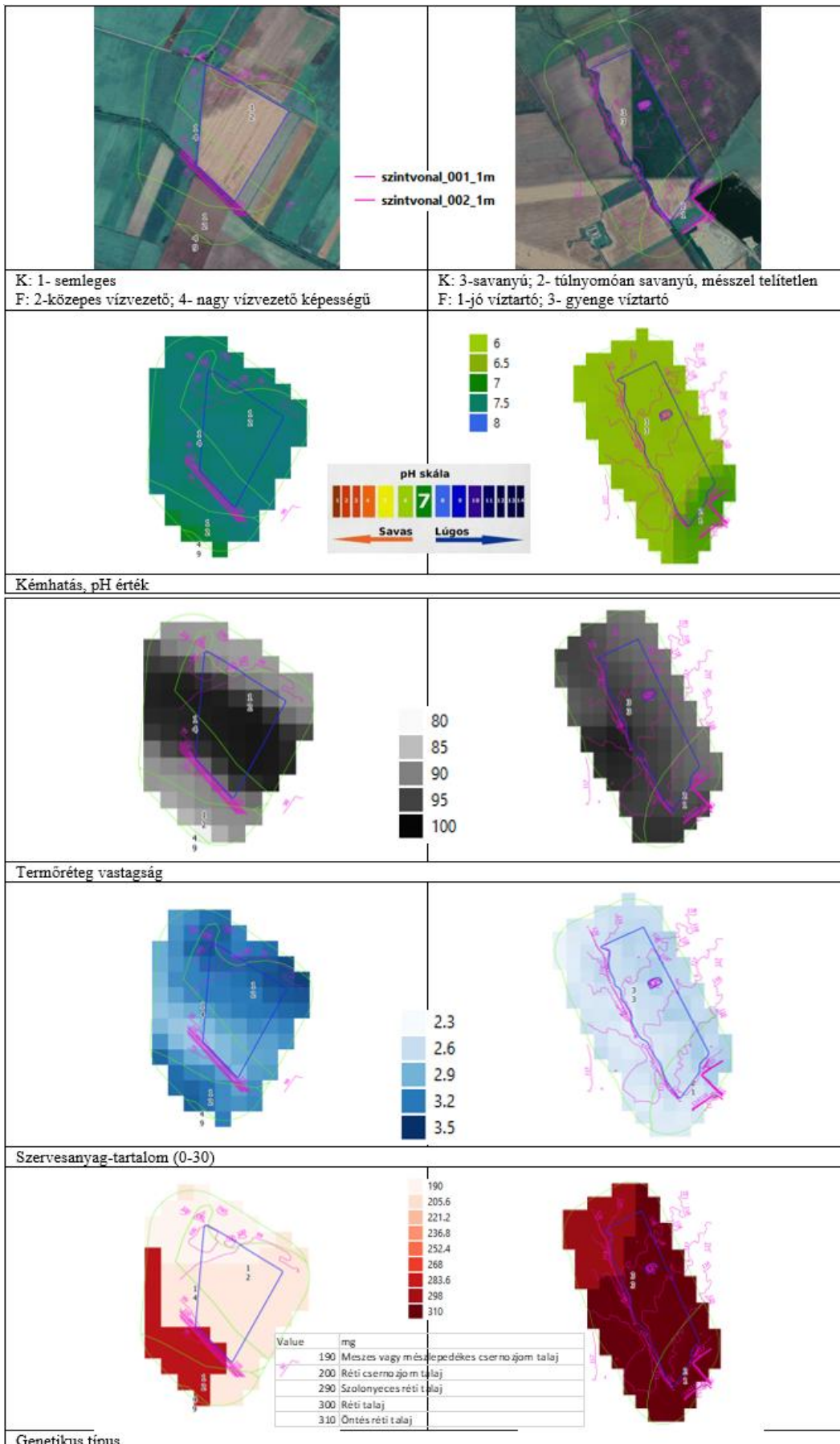
Zöldszáronérés: Nem jellemző

2. melléklet. A napraforgó termesztés szántóföldi termesztéstechnológiája.

Művelet	Művelőeszköz	Anyag	Dózis
tarlóhántás	John Deere 9620RX (Deere and Company, Moline, Illinois, USA), Vaderstad Carrier 1225 (Vaderstad AB, Vaderstad, Sweden)		
középmélylazítás	John Deere 9620RX (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Maschio Artiglio (Maschio Gaspardo, Campodarsego, Italy)		
gyomirtás	Agrifac Condor 4000 (Agrifac Maschinery B.V., Steenwijk, Netherlands)	glifozát 480 gr/L	31 ha <sup>-1</sup>
magágykészítés	John Deere 9620RX (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Vaderstad NZ Agressiv 10000 (Vaderstad AB, Vaderstad, Sweden)		
magágy lezárása	John Deere 6195R (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Vaderstad Rexius 1230 (Vaderstad AB, Vaderstad, Sweden)		
gyomirtás	Agrifac Condor 4000 (Agrifac Maschinery B.V., Steenwijk, Netherlands)	glifozát 480 gr/L	21 ha <sup>-1</sup>
vetés	John Deere 8335R (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Horsch Maestro 12.75 SW (Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf, Germany) applied with Precision Planting Sowing Unit (Precision Planting, Tremont, Illinois, USA)	SY Bacardi CLP	vetési terv szerint
		cipermetrin 8g/kg	10 kg ha <sup>-1</sup>
		Karbamid N47%	30 kg ha <sup>-1</sup>
gyomirtás (preemergens)	Agrifac Condor 4000 (Agrifac Maschinery B.V., Steenwijk, Netherlands)	dimeténamid-P 212.5 g/L, pendimetalin 250 g/L	41 ha <sup>-1</sup>
tápanyag-utánpótlás	John Deere 6195R (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Amazone ZA TS monoammónium-(AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen, Germany)		50 kg ha <sup>-1</sup>

gyomirtás (postemergens)	Agrifac Condor 4000 (Agrifac Maschinery B.V., Steenwijk, Netherlands)	imazamox 25 g/L	21 ha <sup>-1</sup>
tápanyag-utánpótlás	John Deere 6195R (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Amazone ZA TS (AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen, Germany)	ammónium-szulfát N21-S24%	50 kg ha <sup>-1</sup>
tápanyag-utánpótlás	John Deere 6195R (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Amazone ZA TS (AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen, Germany)	Karbamid N47%	200 kg ha <sup>-1</sup>
sorköz kultivátorozás	John Deere 8335R (Deere and Company, Moline, Illinois, USA) Orthman 8315 (Unverferth Manufacturing Co., Kalida, Ohio, USA)		
permetezés	Agrifac Condor 4000 (Agrifac Maschinery B.V., Steenwijk, Netherlands)	deltametrin 50 g/L	0.15 l ha <sup>-1</sup>
		fluopiram 125 g/L, protiokonazol 125 g/L	0.8 l ha <sup>-1</sup>
		mikroelem B 150 gr/L, Mo 7.5 gr/L	1.5 l ha <sup>-1</sup>
		mikroelem Zn 700 gr/L	1 l ha <sup>-1</sup>
		mikroelem MgSO <sub>4</sub> MgO 160 g/kg, SO <sub>3</sub> 325 g/kg	5 kg ha <sup>-1</sup>
permetezés	Agrifac Condor 4000 (Agrifac Maschinery B.V., Steenwijk, Netherlands)	boszkalid 200 g/L, dimoxistrobin 200 g/L	0.5 l ha <sup>-1</sup>
		mikroelem B 150 g/L, Mo 7.5 g/L	0.7 l ha <sup>-1</sup>
		mikroelem Zn 700 g/L	0.5 l ha <sup>-1</sup>
		mikroelem MgSO <sub>4</sub> MgO 160 g/kg, SO <sub>3</sub> 325 g/kg	5 kg ha <sup>-1</sup>
betakarítás	John Deere S690 (Deere and Company, Moline, Illinois, USA)		

3. melléklet. A 2021A és 2022B jelű táblák talaj heterogenitás adatai.



4. melléklet. A kísérleti területeken korábbi években termesztett növények  
termesztésének jellemzői.


2021A

sorszám	év	a tábla azonosítója a gazdaságban ①	tábla körvonala (adatállomány neve) ②	tábla területe (ha) ③	termesztett növény ④	fajta ⑤	vetés időpontja ⑥	betakarítás időpontja ⑦	a tábla aratási átlag-hozama (t/ha) ⑧	megjegyzés ⑨
1.	2020.	C14	C14 2021	26,79	őszi búza	Sirtaki	2019.09.30	2020.07.11	7,65	
2.	2019.	C14	C14 2021	26,79	repce	DK Expression	2018.08.28	2019.07.11	3,34	
3.	2018.	C14	C14 2021	26,79	őszi árpa	Meridián	2017.09.26	2018.06.16	7,41	
4.	2017.	C14	C14 2021	26,79	napraforgó	Neoma	2017.04.05	2017.09.13	3,19	
5.										
6.										
7.										
8.										
.....										


2021B

sorszám	Év	a tábla azonosítója a gazdaságban ①	tábla körvonala (adatállomány neve) ②	tábla területe (ha) ③	termesztett növény ④	fajta ⑤	vetés időpontja ⑥	betakarítás időpontja ⑦	a tábla aratási átlag-hozama (t/ha) ⑧	megjegyzés ⑨
1.	2020	C4-7	C4-7 2021	45,54	őszi búza	Genius	2019.10.11	2020.07.11	5,26	
2.	2019	C4-7	C4-7 2021	45,54	repce	DK Exception	2018.09.01	2018.07.17	3,87	
3.	2018	C4-7	C4-7 2021	45,54	őszi búza	Genius	2017.10.04	2018.07.03	5,14	
4.	2017	C4-7	C4-7 2021	45,54	napraforgó	Baccardi	2017.04.14	2017.09.01	2,89	
5.										
6.										
7.										
8.										
.....										

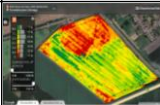
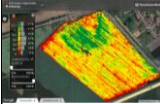

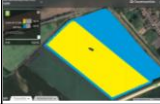
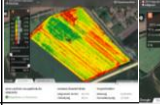
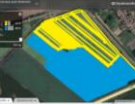
2022A

sorszám	Év	a tábla azonosítója a gazdaságban ①	tábla körvonala (adatállomány neve) ②	tábla területe (ha) ③	termesztett növény ④	fajta ⑤	vetés időpontja ⑥	betakarítás időpontja ⑦	a tábla aratási átlag-hozama (t/ha) ⑧	megjegyzés ⑨
1.	2021	B6		74	őszi búza	Sirtaki	2020.10.07	2021.07.12-13	6,97	
2.	2020	B6		75	őszi káposztarepce	Exception	2019.08.26	2020.07.15	3,36	
3.	2019	B6		63,2	őszi búza	Sirtaki	2018.09.25-26	2019.07.10	5,16	a tábla NY-i részén 
3.	2019	B6		11,8	őszi árpa	Sue Ellen	2018.09.24	2019.07.01	6,04	a tábla K-i szélén 
4.	2018	B6		75	napraforgó	Baccardi	2018.04.19-20	2018.09.12	3,87	5,1ha nedves folt később vetve 05.02-án 
5.	2017	B6		75	őszi búza	Sirtaki	2016.10.02	2017.07.08-09	8,72	
6.										
7.										
8.										
.....										

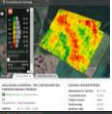


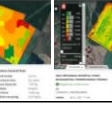






## 2022B

sorszám	Év	a tábla azonosítója a gazdaságban ①	tábla körvonala (adatállomány neve) ②	tábla területe (ha) ③	termesztett növény ④	fajta ⑤	vetés időpontja ⑥	betakarítás időpontja ⑦	a tábla aratási átlag-hozama (t/ha) ⑧	megjegyzés ⑨
1.	2021	C10		109	őszi búza	Genius	2020.09.22-25	2021.06.25-26	5,2	A tábla K-i hosszú részén jégverés volt, a táblaátlagot 9-10t/ha-ra becsültük 
2.	2020	C10		109	napraforgó	Baccardi	2020.04.17-18	2020.09.21-22	3,15	
3.	2019	C10		109	őszi búza	Sirtaki	2018.09.26-27	2019.07.05-06	7,39	
4.	2018	C10		121,6	őszi káposztarepce	KWS Umberto	2017.08.23-24	2018.07.11	3,55	
5.	2017	C10		125	őszi búza	Mv Csillag	2016.10.12	2017.06.28-07.06	7,57	
6.										
7.										
----										


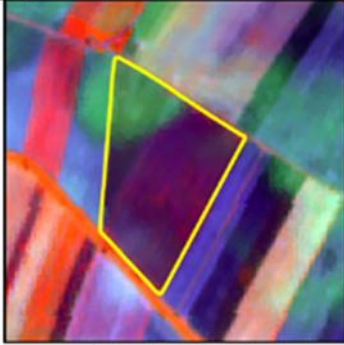
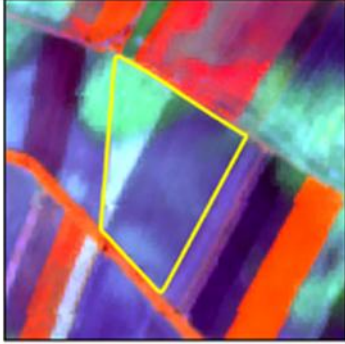
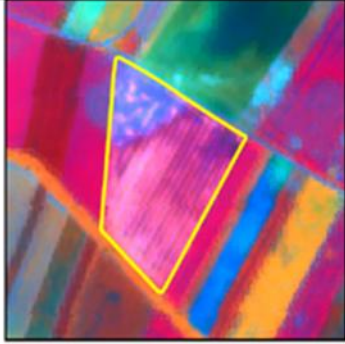
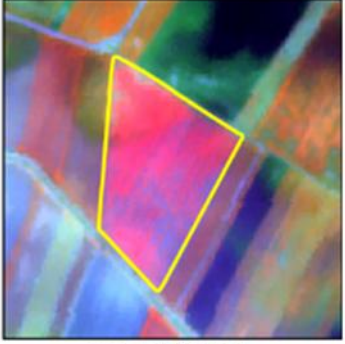
## 2023A

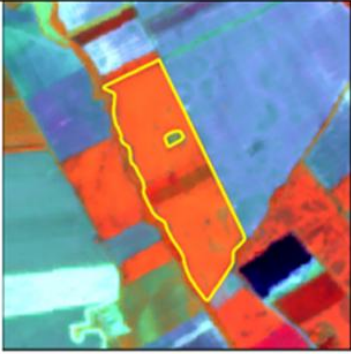
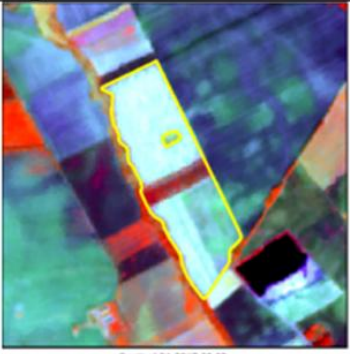
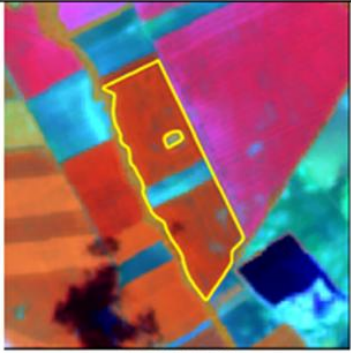
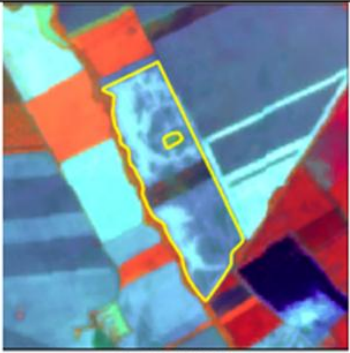
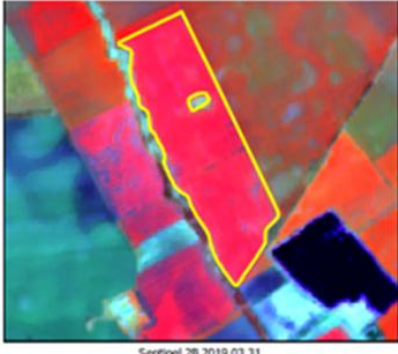
sorszám	Év	a tábla azonosítója a gazdaságban ①	tábla körvonala (adatállomány neve) ②	tábla területe (ha) ③	termesztett növény ④	fajta ⑤	vetés időpontja ⑥	betakarítás időpontja ⑦	a tábla aratási átlag-hozama (t/ha) ⑧	megjegyzés ⑨
1.	2022	B5		41	őszi búza	Sirtaki	2021.10.09	2022.07.02	5,62	
2.	2021	B5		43	őszi káposztarepce	DK Excited	2020.08.27	2021.07.12-13	3,52	 
3.	2020	B5		43	őszi búza	Sirtaki/Santorin	2019.10.08	2020.07.16	6,6	
4.	2019	B5		43	napraforgó	NK Bacardi	2019.03.30	2019.09.02/ 2019.09.15	3,72	 
5.	2018	B5		43	őszi búza	Farinelli	2017.09.30	2018.07.04	7,23	
6.	2017	B5		46	olajrettek			2017.08.04	1,35	
7.										
8.										
----										

2023B

sorszám	év	a tábla azonosítója a gazdaságban ①	tábla körvonala (adatállomány neve) ②	tábla területe (ha) ③	termesztett növény ④	fajta ⑤	vetés időpontja ⑥	betakarítás időpontja ⑦	a tábla aratási átlag-hozama (t/ha) ⑧	megjegyzés ⑨
1.	2022	CS		79	őszi búza	Sirtaki	2021.10.03	2022.07.08	5,53	
2.	2021	CS		94	őszi káposztarepce	DK Excited/LG Absolute	2020.08.25-26	2021.07.09	3,35	   
3.	2020	CS		94	őszi árpa	Sue Ellen	2019.09.29	2020.06.29	7,41	
4.	2019	CS		94	napraforgó	NK Bacardi	2019.04.02-03	2019.09.17	3,54	 
5.	2018	CS		94	őszi búza	Sirtaki	2017.09.28	2018.07.03	7,02	 
6.	2017	CS		98	őszi káposztarepce			2017.07.10	3,94	
7.										
8.										
9.										

5. melléklet. A 2021A (C14) és 2022B (C4-7) jelű táblák műholdas távérzékeléssel gyűjtött adatainak elemzése.

<b>C14: 2017 napraforgó</b>	
 <p>Sentinel 2A 2017.07.24.</p>	 <p>Sentinel 2A 2017.09.02.</p>
 <p>Sentinel 2A 2017.10.02.</p>	<p>2017-ben a C14 tábla É-i sarkát más termelő művelte, akkor is napraforgó volt benne, de később vetett és később is aratott. A folt egy szikesebb, kicsit mélyebb fekvésű, tavasszal általában belvizes folt. A hozamszámítás ebben az évben csak az általunk használt területre vonatkozik.</p>
<b>C14: 2018 őszi árpa</b>	
 <p>Sentinel 2A 2018.05.30.</p>	<p>Az őszi árpa jelentős része abban a foltban kipusztult, csak minimális hozam volt. (csatolt hozamtérkép) Fajtakisérlet nem volt a táblában. Az előző évben más termelő által használt terület két nappal később lett vetve az általunk használt területhez képest, de más különbség nem volt.</p>
<b>C14: 2019 repce</b>	
 <p>Sentinel 2B 2019.03.21.</p>	<p>Igen volt belvíz, a tábla azon részein csökkent a hozam. (csatolt hozamtérkép)</p>
<b>volt belvíz a táblában tavasszal?</b>	

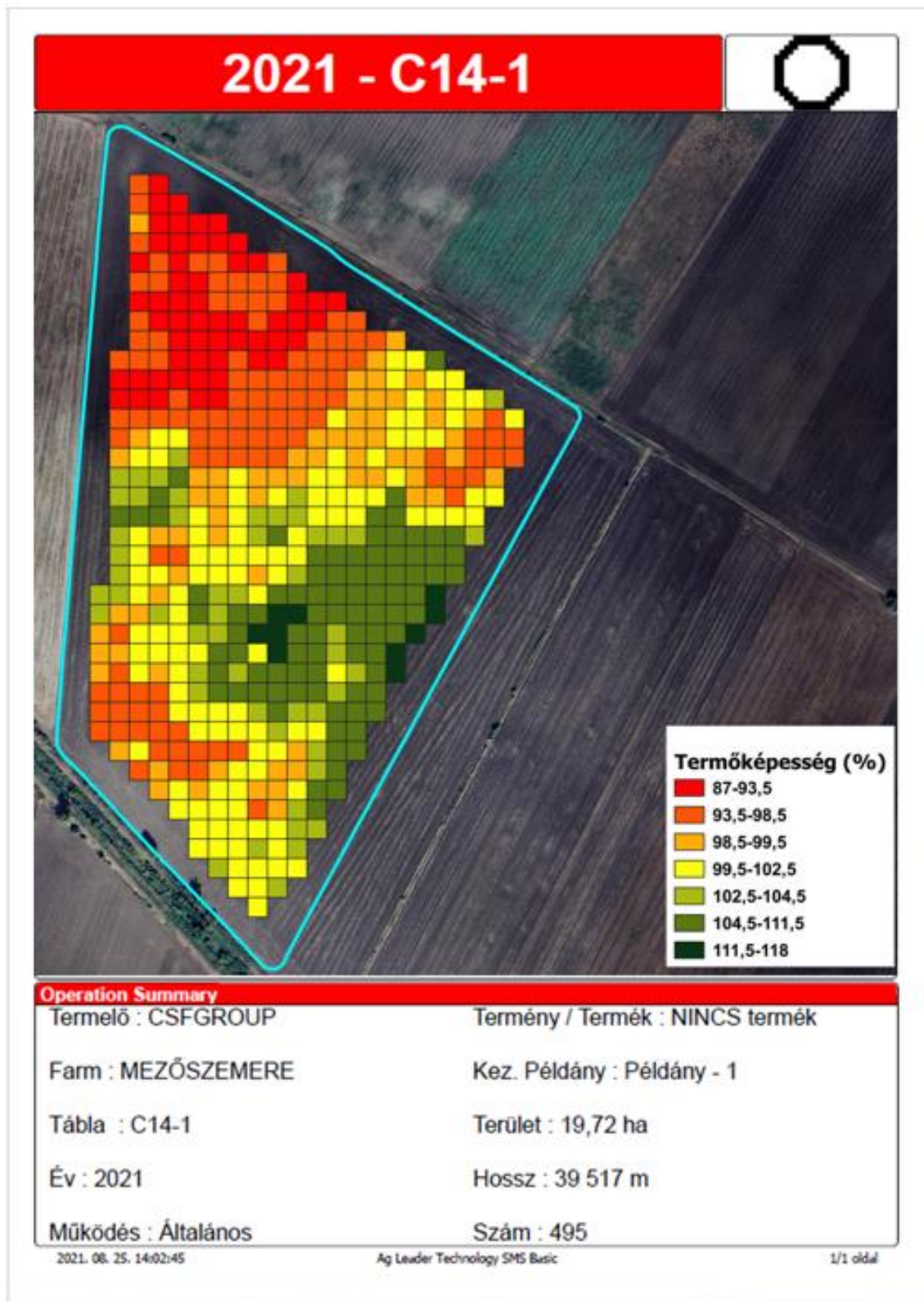
<b>C4-7 2017:napraforgó</b>	
 <p style="text-align: center; font-size: small;">Sentinel 2A 2017.07.04.</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Sentinel 2A 2017.09.02.</p>
<p>2017-ben és 2018-ban abban a sávban más termelő kenderet vetett, de 2019-től már mi használjuk azt a sávot is. Az egész táblát egybeműveljük, 2019-ben repce, 2020-ban búza volt a teljes területen, így benne lesz a kísérletben. A hozamot csak arra a területre számoltuk amit mi használtunk.</p>	
<b>C4-7 2018:őszi búza</b>	
 <p style="text-align: center; font-size: small;">Sentinel 2A 2018.05.10.</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Sentinel 2A 2018.06.29.</p>
<b>C4-7 2019: repce</b>	
 <p style="text-align: center; font-size: small;">Sentinel 2B 2019.03.31.</p>	<p>Igen, volt belvíz.</p>
<p><b>Volt belvíz a táblában tavasszal?</b></p>	

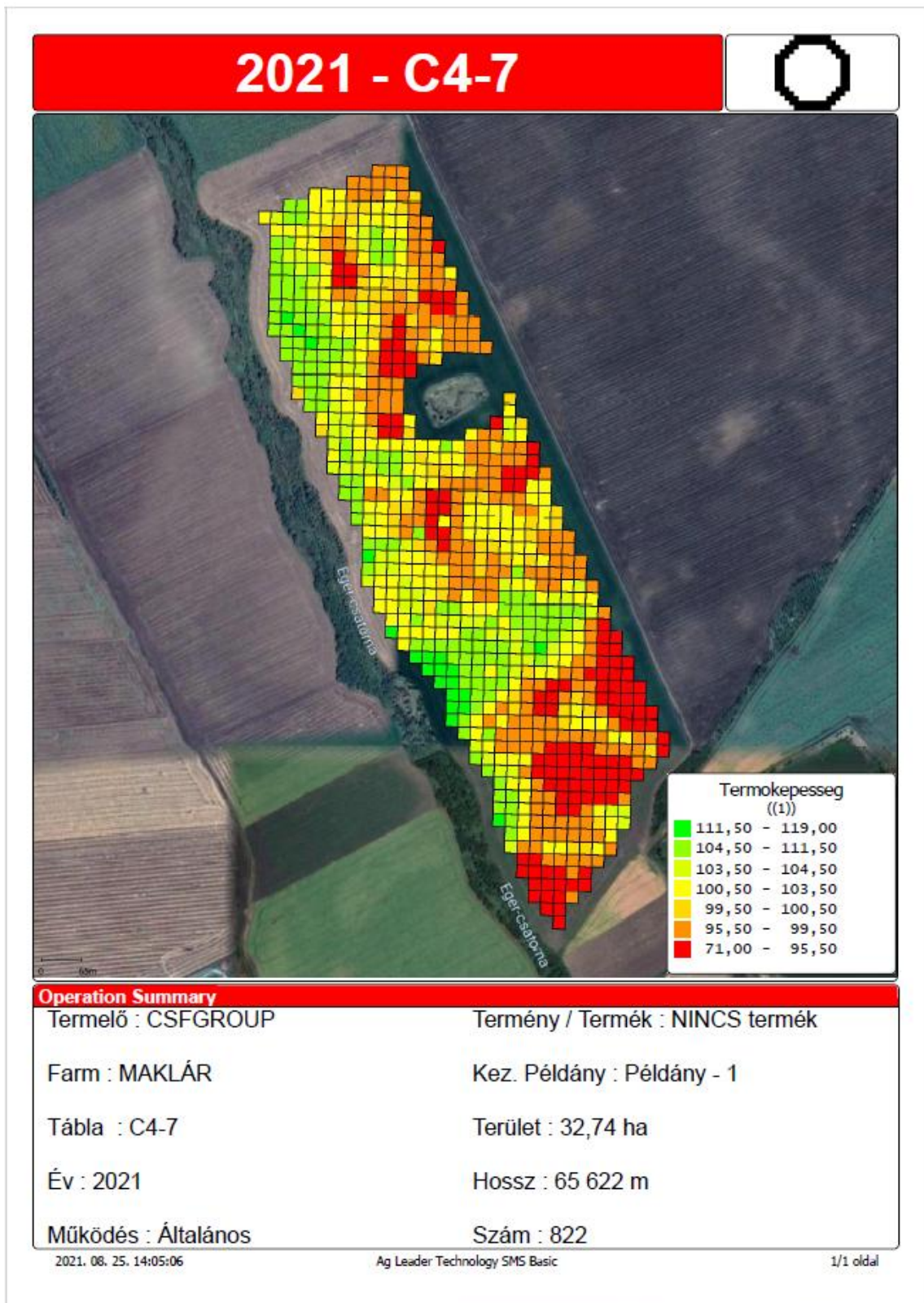
6. melléklet. A kísérleti területek termőképességi zónáihoz tartozó talajvizsgálati eredmények.

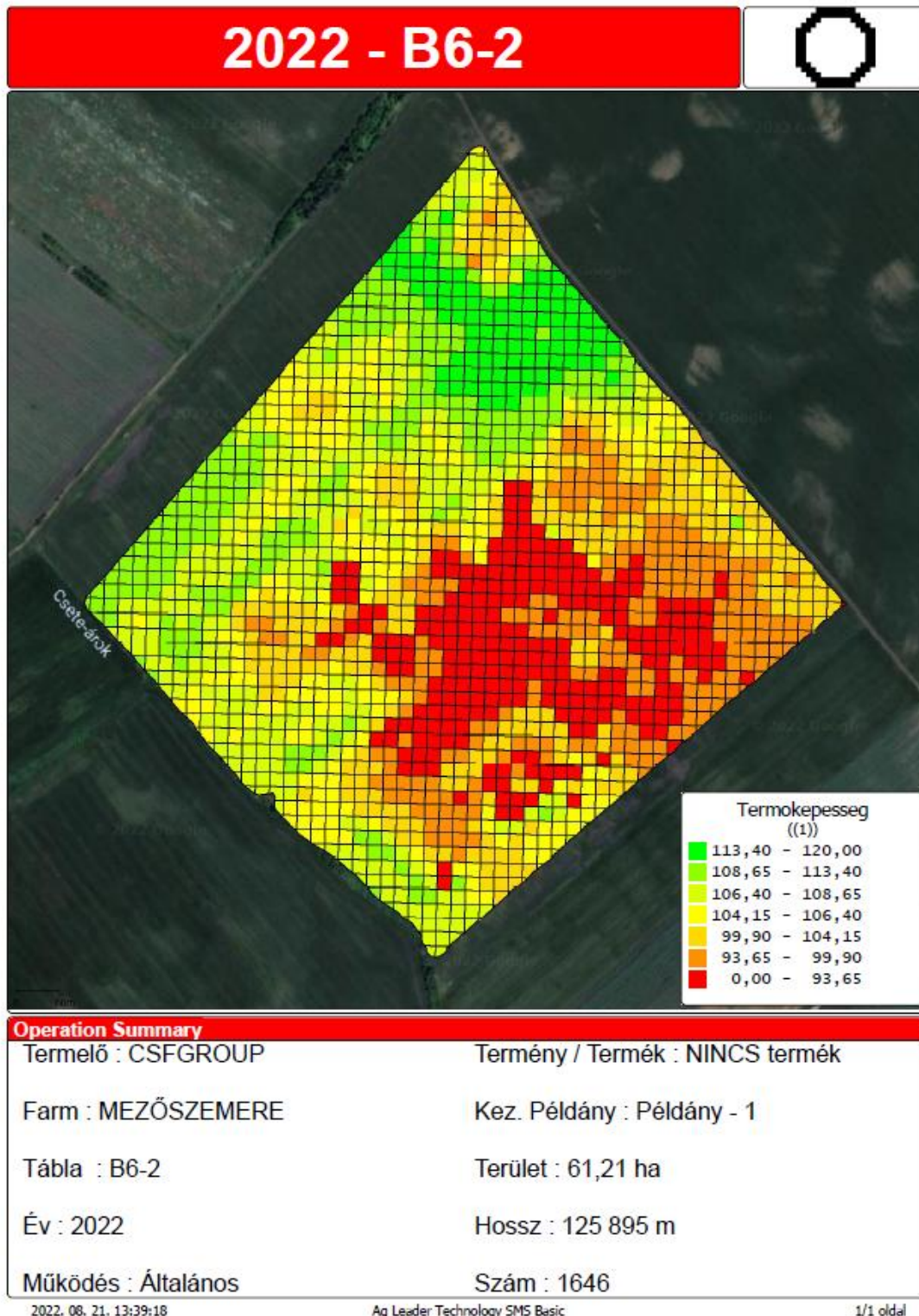
Év	2021					2022					2023							
	2021A alacsony	2021A átlagos	2021A magas	2021B alacsony	2021B átlagos	2021B magas	2022A alacsony	2022A átlagos	2022A magas	2022B alacsony	2022B átlagos	2022B magas	2023A alacsony	2023A átlagos	2023A magas	2023B alacsony	2023B átlagos	2023B magas
Tablanév																		
pH(KCl 1:2,5)	6,06	5,87	6,1	5,76	5,97	6,25	6,8	6,81	6,87	5,41	6,7	6,62	6,61	4,87	6,06	5,17	6,83	5,67
K <sub>a</sub>	42	>60	>60	43	>60	>60	>60	>60	>60	59	>60	>60	45	58	>60	50	53	52
Összes só (m/m%)	0,09	0,13	0,12	0,06	0,12	0,13	0,13	0,15	0,12	0,14	0,16	0,14	0,08	0,09	0,1	0,14	0,13	0,13
CaCO <sub>3</sub> (m/m%)	0	0	0	0	0	1,3	5,4	10,9	4,6	0	0,9	0,1	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	<0,1
Humusz (m/m%)	3,01	2,66	2,68	3,19	3,87	3,99	4,46	4,71	4,41	3,32	4,31	3,18	2,81	3,44	3,36	3,92	3,54	3,64
N <sub>nitrat</sub> (mg/kg)	25,3	12,7	16,3	14,5	11,3	20,8	28,8	71,8	62,5	27,7	39,8	42,4	22,4	19,9	27,3	109	80,6	69
Foszfor- pentoxid (mg/kg)	1060	258	209	115	72,5	172	215	313	2230	150	461	73,7	690	73,9	244	336	441	442
Kálium-oxid (mg/kg)	1230	484	445	356	214	238	263	434	1230	849	1060	622	614	294	490	1020	824	664
Magnézium (mg/kg)	588	1540	1510	595	1060	1190	1340	1040	378	1750	1320	2430	288	710	543	447	639	641
Nátrium (mg/kg)	14	23,3	25,2	15,1	33,9	55	68	70,1	26,1	25,1	44,3	68,6	40,2	50,6	36,7	45,8	44,5	57,5
Cink (mg/kg)	4,87	2,99	3,22	2,6	2,23	2,05	1,81	2,46	4,19	3,29	3,69	2,52	3,37	2,05	3,49	3	2,82	2,69
Réz (mg/kg)	4,43	8,39	9,38	8,42	11,5	8,81	8,02	7,62	6,86	6,24	8,76	11,8	6,03	9,25	9,11	4,79	5,8	6,1
Mangán (mg/kg)	733	519	603	687	494	215	105	127	280	570	558	365	561	346	603	597	378	453
Kén (mg/kg)	18,1	7,07	9,38	6,95	5,14	11,2	7,14	10,7	9,82	4,82	7,51	5,32	4,56	4,58	5,17	4,75	4,83	3,93

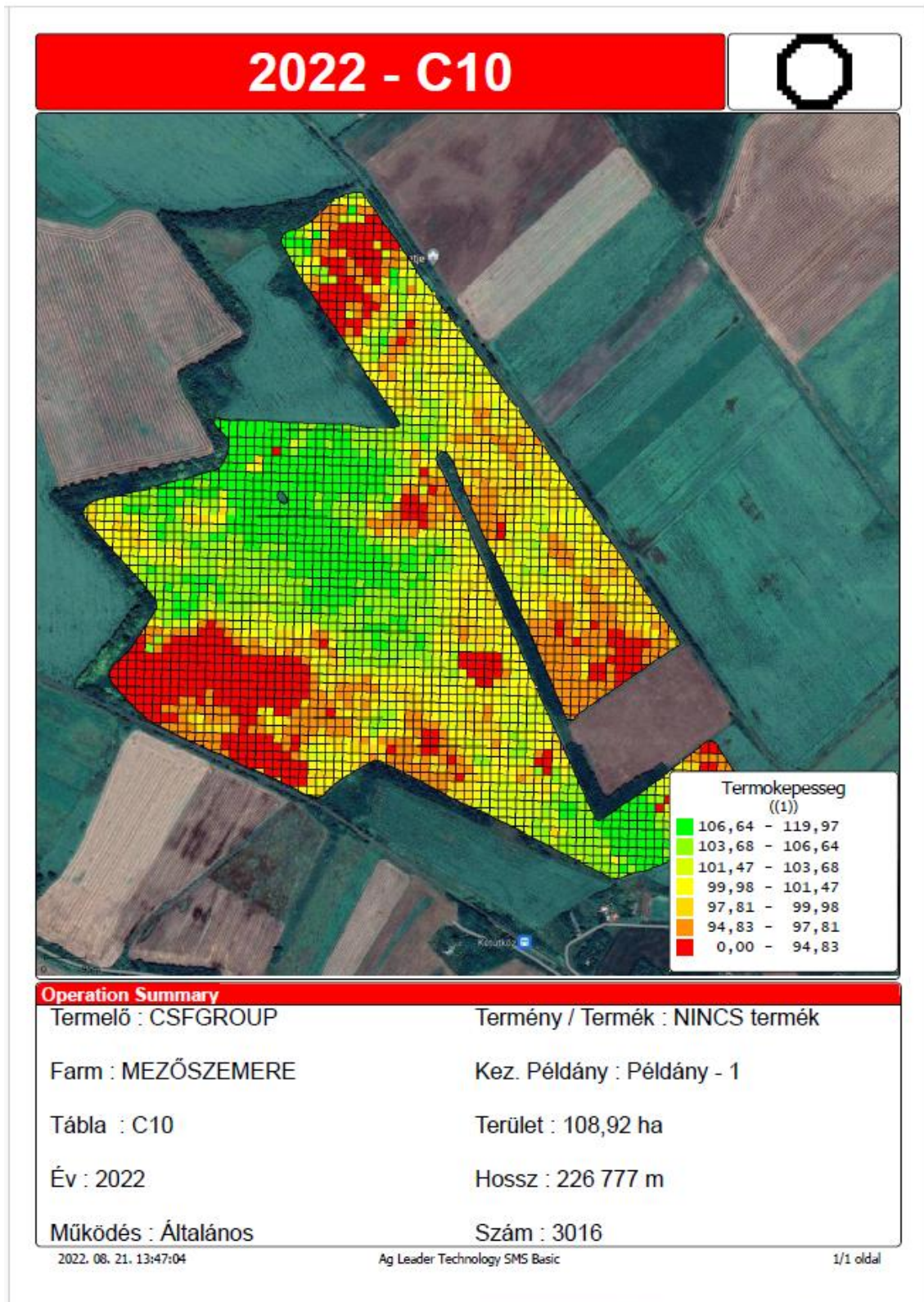
7. melléklet. A kísérleti területek termőképesség heterogenitási térképei

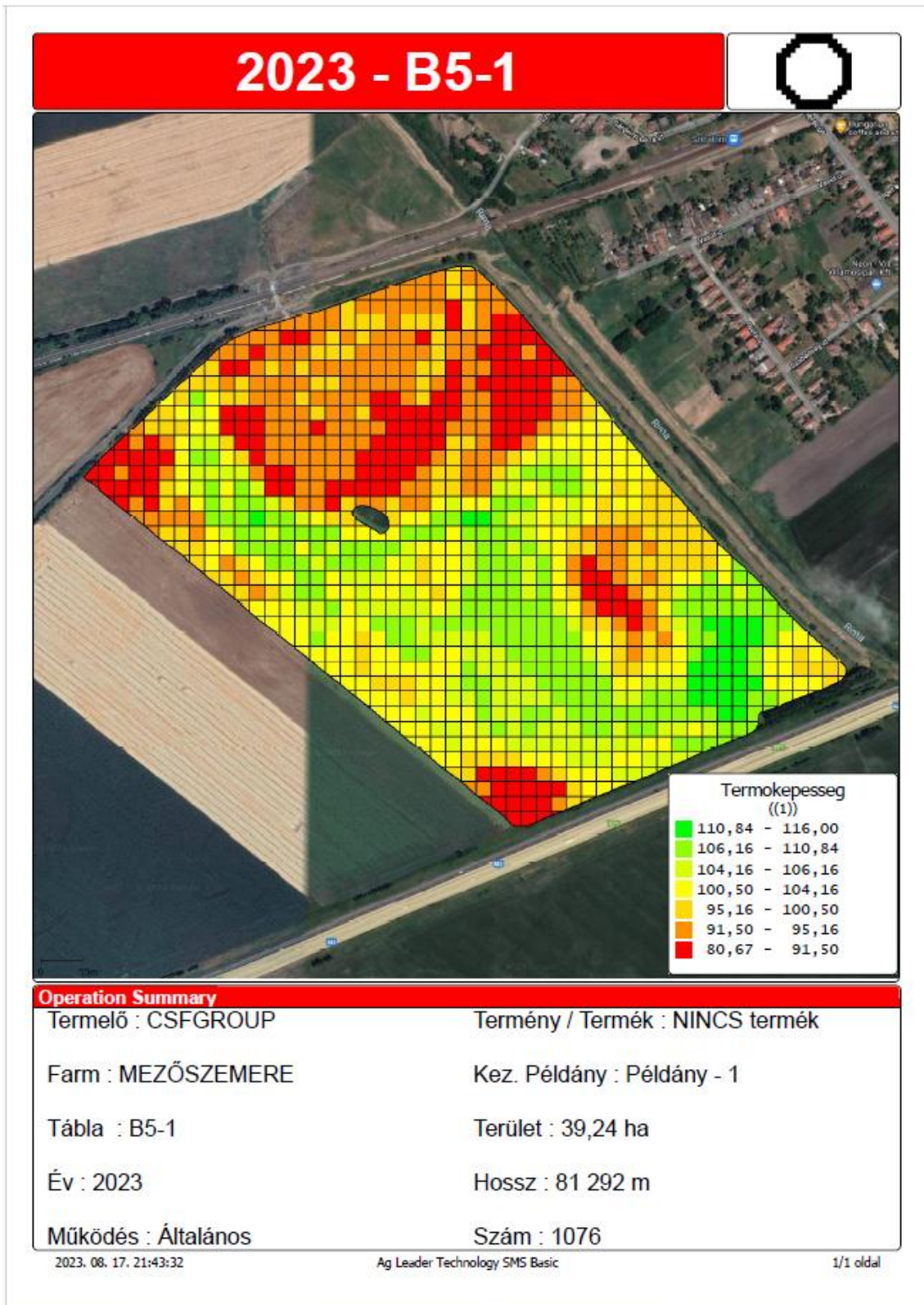
2021A

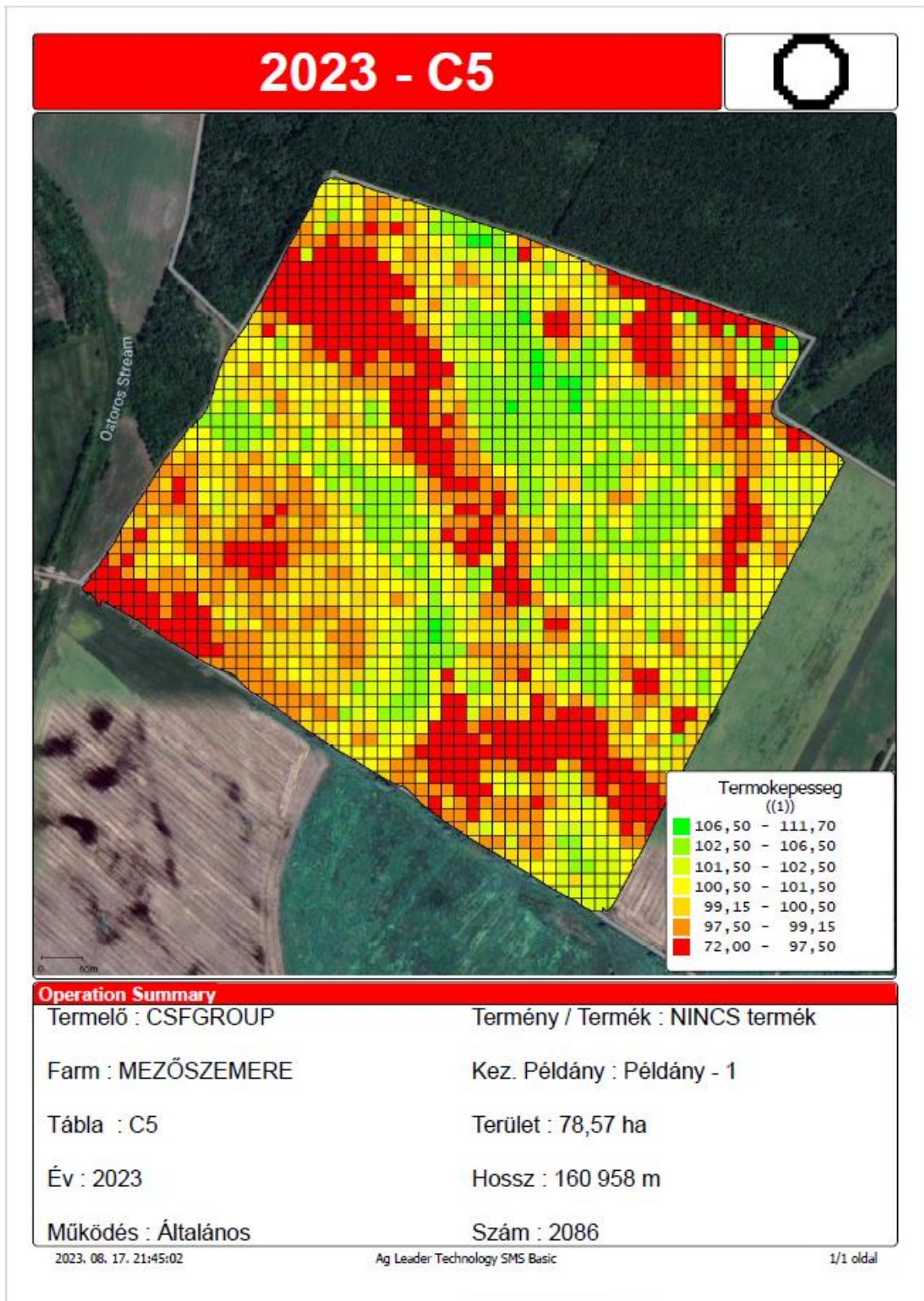












Operation Summary

2023. 08. 17. 21:45:02
Ag Leader Technology SMS Basic
1/1 oldal

8. melléklet. A kísérleti táblák termőképességi zónáinak vetési terve

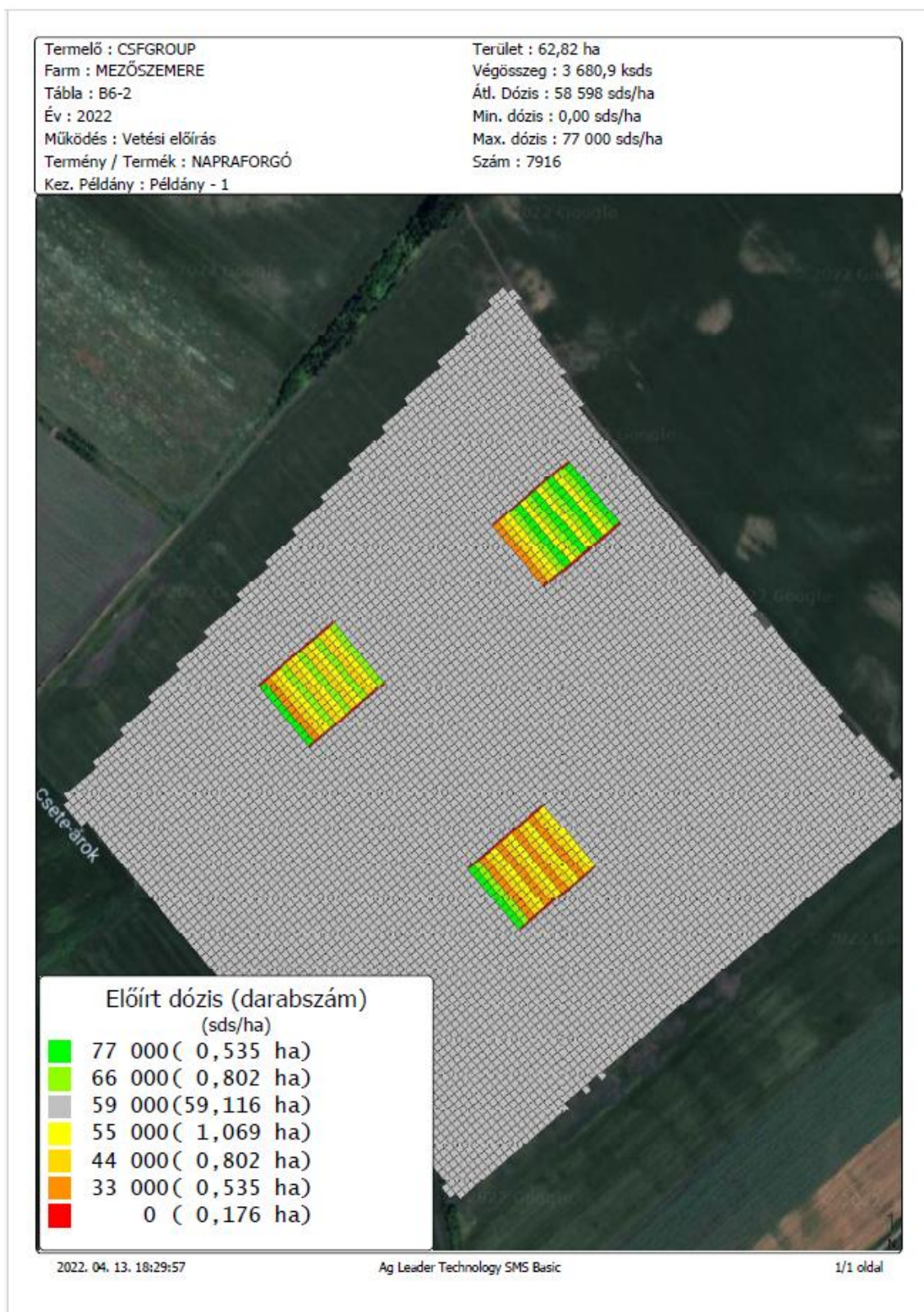
2021A



2021B



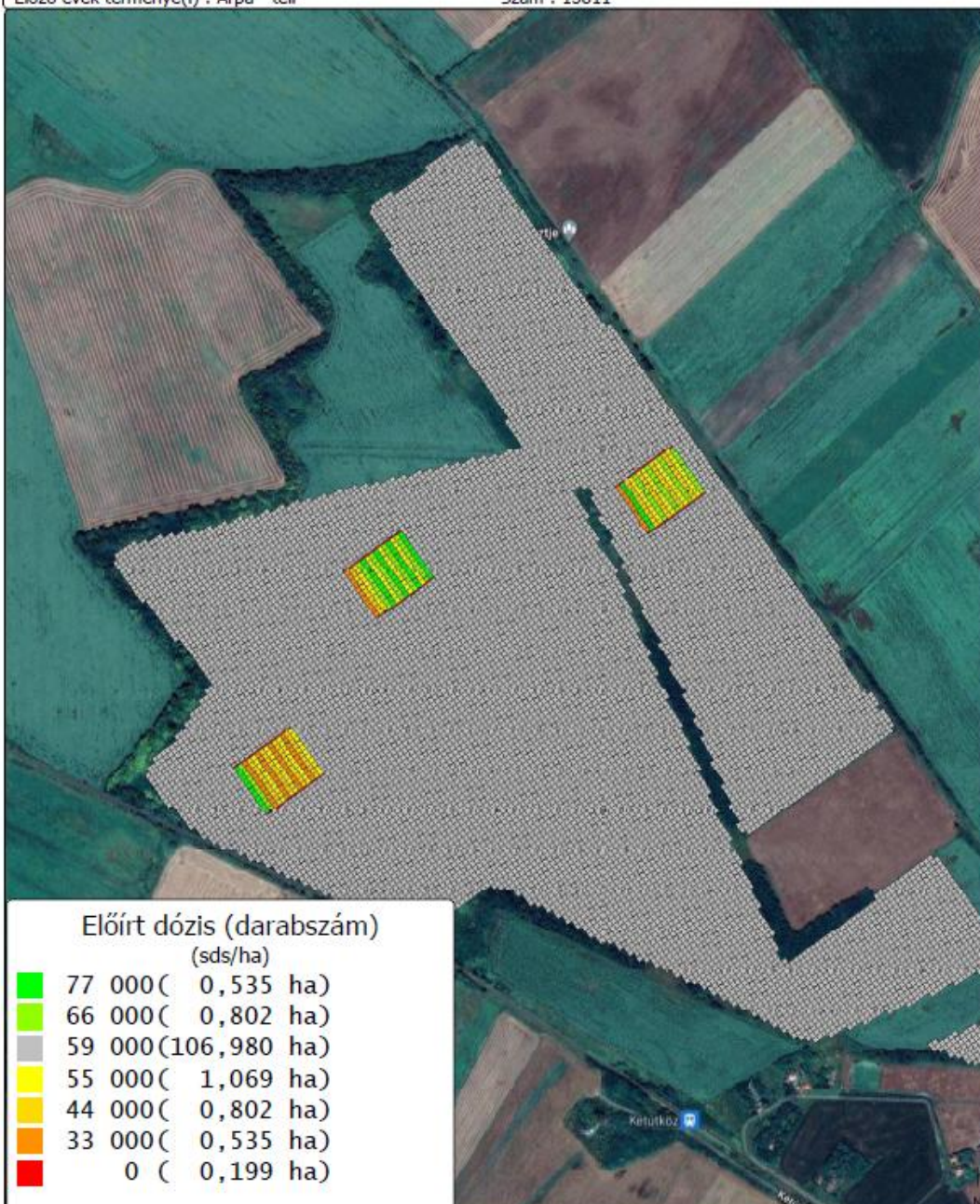
2022A



2022B

Termelő : CSFGROUP  
Farm : MEZŐSZEMERE  
Tábla : C10  
Év : 2022  
Működés : Vetési előírás  
Termény / Termék : NAPRAFORGÓ  
Előző évek terménye(i) : Árpa - téli

Kez. Példány : Példány - 1  
Terület : 110,54 ha  
Végösszeg : 6 495,3 ksd  
Átl. Dózis : 58 759 sds/ha  
Min. dózis : 0,00 sds/ha  
Max. dózis : 77 000 sds/ha  
Szám : 13811



2022. 04. 13. 17:47:55

Ag Leader Technology SMS Basic

1/1 oldal

2023A

Termelő : CSFGROUP  
Farm : MEZŐSZEMERE  
Tábla : B5-1  
Év : 2023  
Működés : Vetési előírás  
Termény / Termék : NAPRAFORGÓ  
Kez. Példány : Példány - 1

Terület : 41,25 ha  
Végösszeg : 2 398,7 ksds  
Átl. Dózis : 58 153 sds/ha  
Min. dózis : 0,00 sds/ha  
Max. dózis : 77 000 sds/ha  
Szám : 5260



2023. 04. 21. 17:38:31

Ag Leader Technology SMS Basic

1/1 oldal

2023B

